

EXACTA

La revista de
divulgación
científica

m e n t e

Física y TV

The Big Bang
Boom



Entrevista

Eduardo
Rapoport



Control biológico
Bioinsecticidas



*Química
biológica*
Frustración de
proteínas



Hormigas arquitectas



Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media

La Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires cuenta con un Área de Popularización del Conocimiento y Articulación con la Enseñanza Media dentro de su Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.

LAS TAREAS DE ESTA ÁREA SON:

- transmitir a todo tipo de público el conocimiento científico, haciéndolo de manera clara, amena y divertida sin perder rigurosidad.
- vincular a los alumnos de la escuela media con estudiantes, docentes y científicos de la Facultad a través de actividades de divulgación científica, orientación vocacional y difusión institucional.

EQUIPO DE POPULARIZACIÓN DE LA CIENCIA (EPC-EXACTAS)

[<http://exactas.uba.ar/popularizacion>] [[facebook.com/PopularizacionExactasUBA](https://www.facebook.com/PopularizacionExactasUBA)]

El EPC-Exactas lleva adelante proyectos de divulgación, alfabetización y enseñanza de las ciencias destinados tanto a la escuela media como al público en general:

- Semanas de las Ciencias • Exactas va a la Escuela • La Escuela viene a Exactas
- Exposiciones y eventos públicos de popularización.

DIRECCIÓN DE ORIENTACIÓN VOCACIONAL (DOV-EXACTAS)

[<http://exactas.uba.ar/dov>] [[facebook.com/DovExactasUBA](https://www.facebook.com/DovExactasUBA)]

La DOV-Exactas brinda información y asesoramiento para la elección de una carrera universitaria.

Se organizan programas y actividades para acercar a los alumnos a las carreras científicas:

- Experiencias Didácticas • Talleres de Ciencia • Científicos por un Día • Charlas mensuales de las carreras
- Consultas de orientación vocacional.
- Programa de Ingresante CBC Exactas.

Más información, consultas e inscripciones

Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar | Pabellón II, Ciudad Universitaria

Teléfonos: 4576-3399/3337 internos 37 (EPC-Exactas) y 43 (DOV-Exactas)

popularizacion@de.fcen.uba.ar | dov@de.fcen.uba.ar | www.exactas.uba.ar/media

Universidad y escuela secundaria

EXACTamente tiene como uno de sus principales destinatarios a los docentes de los niveles de enseñanza primaria, media y superior no-universitaria. Esta y otras iniciativas, han intentado colaborar con el mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales en el nivel secundario, alfabetizar científicamente a la población, incrementar las vocaciones y la matrícula de nuestras carreras, consideradas estratégicas para el desarrollo productivo del país, así como mejorar la retención, especialmente en el primer año de los estudios universitarios.

En los últimos años, la presente sección de EXACTamente estuvo dedicada a esa temática. Más precisamente, en los números 37 (junio 2007, "Exactas y la escuela media"), 40 (septiembre 2008, "El año en marcha") y 44 (diciembre 2009, "Volver a la Sociedad"). El número 39 dedicó el artículo "De Exactas al colegio" a reseñar las actividades de vinculación con la escuela media que la Facultad estaba realizando en el marco del Año de la Enseñanza de las Ciencias, en 2008. Allí anunciábamos una nueva iniciativa, el programa Red de Escuelas. El mismo tenía como objetivo central generar equipos conjuntos entre la Facultad y las escuelas que realizaran actividades de mejoramiento de la enseñanza de las ciencias.

Finalmente, el programa no pudo concretarse porque no encontramos el marco institucional para que los docentes de la Facultad realizaran esta tarea, más allá de una actividad voluntaria. Efectivamente, en las últimas convocatorias de los Programas de Voluntariado Universitario, grupos de docentes y alumnos han llevado adelante diversas iniciativas en este sentido, algunas incluso relacionadas con el Programa Conectar Igualdad, que ha entregado más de 3.500.000 netbooks a alumnos y docentes del nivel medio, formando docentes en formas de usar a las computadoras como instrumentos para realizar experimentos científicos en el aula (ver artículo "Las netbooks en el aula" en este mismo número).

Ahora, el Ministerio de Educación de la Nación lanza el Programa de Articulación entre Universidad y Escuela Secundaria para la Mejora en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Esta iniciativa, formulada como Plan Plurianual 2013-2016, propone acciones de acompañamiento pedagógico de la planta docente de la escuela secundaria a partir de un diagnóstico realizado conjuntamente con cada Jurisdicción tendientes a mejorar la formación disciplinar, la innovación en metodologías de enseñanza-aprendizaje, en especial a partir de la utilización de nuevas tecnologías; actividades que faciliten al alumno el cambio de nivel educativo y la capacitación en la utilización e implementación de los materiales didácticos producidos por ese Ministerio y por la Facultad.

Se abre, entonces, una nueva oportunidad para generar acciones que tengan un real impacto en la calidad de la enseñanza. El marco institucional que brinda este Programa permitirá el encuadre a través de los Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs), herramienta acordada entre los distintos actores del sistema científico tecnológico para el desarrollo de actividades que no pueden ser evaluadas según las metodologías usuales de la ciencia básica. Asimismo, al participar las jurisdicciones, será más simple el reconocimiento de las actividades para los docentes de la escuela media que participen, como complemento a la capacitación en servicio. De esta forma se le dará a la iniciativa un carácter institucional, y por lo tanto posible de ser sostenida en el tiempo más allá del voluntarismo.

Esperemos que esta iniciativa, que adquiere cobertura nacional al involucrar a todas las Universidades Nacionales, se sume y coordine a otras realizadas por el Instituto Nacional de Formación Docente (INFD), el portal educativo educ.ar, el Programa Conectar Igualdad con su iniciativa Escuelas de Innovación, de manera que la educación en ciencias exactas y naturales pueda mostrar una mejora significativa en los próximos años.

Jorge Aliaga
Decano de la Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales

FÍSICA Y TV **6**
The Big Bang Theory

HORMIGAS ARQUITECTAS **10**
Las obreras al poder

DESARROLLOS **14**
Memorias de alto rendimiento

QUÍMICA BIOLÓGICA **18**
Frustración de proteínas

REPRODUCCIÓN SEXUAL **22**
Los avatares del sexo

ENTREVISTA **26**
Eduardo Rapoport

BITÁCORA **30**
Viaje a las estrellas

GENÉTICA **33**
El origen de las Leyes de Mendel

QUÍMICA **36**
Drogas de abuso

CONTROL BIOLÓGICO **39**
Bioinsecticidas

INSTITUCIONAL **42**
Las netbooks en el aula

EPISTEMOLOGÍA **45**
¿Qué es la lógica?

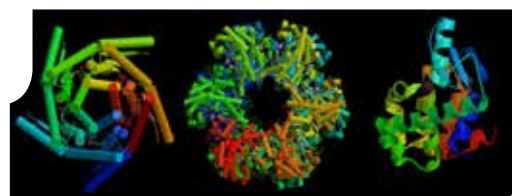
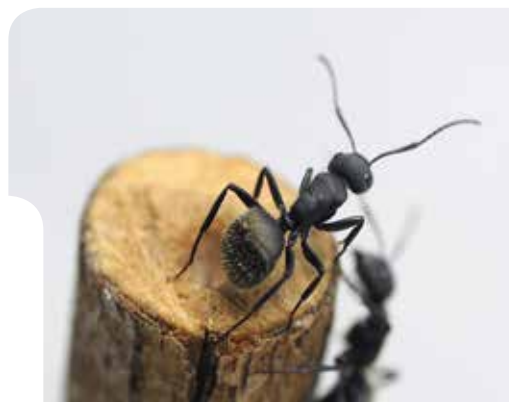
VARIEDADES **46**
HUMOR

BIBLIOTECA **47**

SITIOTECA **48**

PREGUNTAS **49**

ARTES **50**
Un arte rico en proteínas



CONSEJO EDITORIAL

PRESIDENTE: Jorge Aliaga. VOCALES: Sara Aldabe Bilmes, Guillermo Boido, Guillermo Durán, Pablo Jacovkis, Marta Maier, Silvina Ponce Dawson, Juan Carlos Rebores, Celeste Saulo, José Sellés-Martínez

STAFF

DIRECTOR: Ricardo Cabrera. COORDINADOR EDITORIAL: Juan Pablo Vittori.
JEFA DE REDACCIÓN: Susana Gallardo. REDACTORES: Cecilia Draghi, Gabriel Stekolschik.
COLABORADORES PERMANENTES: Guillermo Mattei, Daniel Paz, José Sellés-Martínez, Guillermo Boido, Olimpia Lombardi.
COLABORAN EN ESTE NÚMERO: Andrea Truffa, Diego Eduardo Calb, Analía Czerniczyniec.
CORRECCIÓN (Mediante convenio con la Pasantía de la Carrera de Edición, FFyL-UBA): María Victoria Piñera. DISEÑO: Pablo G. González, Federico de Giacomi. FOTOGRAFÍA: Juan Pablo Vittori, Diana Martínez Llaser IMPRESIÓN: Centro de Copiado "La Copia" S.R.L.

EXACTAMENTE

es una publicación cuatrimestral del Área de Medios de Comunicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA.

ISSN papel: 1514-920X - ISSN en línea: 1853-2942

Registro de propiedad intelectual: 28199

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
Secretaría de Extensión, Graduados y Bienestar.
Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428 EHA
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel.: 4576-3300 al 09, int. 464, 4576-3337, fax: 4576-3351.
E-mail: revista@de.fcen.uba.ar
Página web de Exactas-UBA: <http://exactas.uba.ar>

EXACTA

mente

Los artículos firmados son de exclusiva responsabilidad de sus autores. Se permite su reproducción total o parcial siempre que se cite la fuente.



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 3.0 Unported.

EXACTAmente
se muda a una
NUEVA página web:

revistaexactamente.exactas.uba.ar



Encontrá los contenidos de todos los números de la revista y bajala en el formato que prefieras: pdf, epub o mobi

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Nuestro compromiso con la ciencia y la educación, nuestro compromiso con la sociedad

Alimentos

Ciencias Biológicas

Ciencias de la Atmósfera

Ciencias de la Computación

Ciencias Físicas

Ciencias Geológicas

Ciencias Matemáticas

Ciencias Químicas

Oceanografía

Paleontología

0001
0001

(a-b)
(a-b)
(a-b)

UBA
EXACTAS

exactas.uba.ar | Ciudad Universitaria | Pabellón II Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Física y TV

The Big Bang Boom

Guillermo Mattei - gmattei@df.uba.ar

“Nunca me equivoco. ¡Ah, sí!, una vez me equivoqué: pensé que estaba equivocado pero no, estaba en lo cierto”, dice el protagonista de una de las series televisivas más populares de los últimos años. ¿Quién?, un joven investigador de un departamento universitario de Física. ¿Caracterización exagerada o no tanto...?

Fines de los años 70. Promedio 9.06 en el Nacional, un *tragalibros* que jugaba al fútbol pero al que le costaba calcular el instante exacto del beso en los lentos. La Física: el camino para entender la realidad. Para el joven ingreseante a Exactas todo es nuevo. Transpone la puerta del Pabellón I de Ciudad Universitaria y percibe la pesada atmósfera: los policías de la puerta incautan papeles reciclados para tomar notas, por potencialmente subversivos. Entrar o salir del bar también implica mucho control. Al mediodía, las mesas y sillas no alcanzan para tantos estudiantes, docentes y personal de Exactas. Entre ocho y diez personas pueden compartir despreocupadamente la misma mesa aunque provengan de diferentes tribus de la Facultad. Un profesor llega con su bandeja humeante –el invierno rioplatense demanda muchas calorías– y se dispone a almorzar azarosamente ubicado frente al flamante alumno. Sorpresivamente, un joven colega del profesor, que evidentemente aparenta menor jerarquía académica, se sienta a su lado sin importarle la hora ya que, en lugar de bandeja de almuerzo, porta un cuaderno desbordante de formalismos matemáticos. El recién llegado, casi sin preámbulos, plantea una pregunta en lenguaje técnico mientras

su dedo recorre frenético el cuaderno. El profesor corre la bandeja humeante a un costado y se aboca de lleno a la discusión del problema matemático. Las leyes de la termodinámica se encargan de modificar las variables macroscópicas del almuerzo del profesor. Pero ya no le importa, el desafío por resolver el problema planteado ha capturado no sólo sus dos hemisferios neocorticales, sino también su cerebro de mamífero y hasta su sistema límbico, el que regula mecanismos tales como los del hambre. El alumno novato se conmueve ante semejante muestra de desapego por lo material y de entrega a la abstracción. De todas maneras, en su derrotero a la graduación, el alumno no tardará demasiado en adquirir fenotipos similares a los del profesor cuando metamorfosee a *Bicho de Exactas*.

Bicho de Exactas vernáculo o *ñoño* mejicano o *nerd*, *geek*, *trekkie*, *gamer*, *uber geek* anglosajones, *otaku* japonés... Diversos neologismos que dan cuenta de la persona obsesiva, en este caso, por el conocimiento de las ciencias formalizadas, por la matemática y sus alrededores tecnológicos. Pero ¿no hay también perfiles bien definidos que ilustran las obsesiones de abogados, *personal trainers*, taxistas o profesoras de yoga? Seguramente sí, pero por alguna razón, la literatura, el

cine y la televisión han instalado el ícono del científico loco con todos sus tics. Sin embargo, desde hace pocos años, el género televisivo de las comedias de situación (*sitcoms*) estadounidenses muestra un costado divertido, admirable y entrañable del perfil de los científicos del siglo XXI. ¿La serie en cuestión?, *The Big Bang Theory* (TBBT).

El gran boom

La primavera no comenzaba en el Pabellón I con las fiestas de estudiantes, con el equinoccio o la floración. Sólo había que estar atentos al cambio de indumentaria de A.J, estudiante de postgrado de Física: enormes auriculares conectados a una AM, anteojos cuadrados de carey marrón, camisa cuadriculada multicolor, saco vintage de lana desabrochado con grandes botones símil madera, amplias bermudas marrones por arriba del ombligo, medias tres cuartos grises de vestir cuidadosamente estiradas y pantuflas de plástico azulado. En la época en que Boticelli pintó *La primavera* no había *uber geeks*.

El personaje central de TBBT, Sheldon Cooper, es un *uber geek*; o sea, un cultor de la tecnología y la informática a nivel extremo. Ex niño prodigio texano, Sheldon ha obtenido un título de grado y dos

the BIG BANG THEORY



doctorados en Física e investiga la teoría de cuerdas en el Instituto de Tecnología de California (CalTech). También es un *trekkie*, o fanático de todo lo relacionado con la serie televisiva de la década del 60 *Viaje a las Estrellas*. Se autodefine como el espécimen humano perfecto, es incapaz de reconocer errores, de ponerse en la posición sentimental de su prójimo y de reconocer un sarcasmo –un *ñoño*–. No tolera los cambios, es un jugador compulsivo de videojuegos –un *gamer*–, es altamente obsesivo –un *otaku*–, posee un ego inflacionario y no entiende las normas sociales, cosa que tampoco le preocupa. Pese a todo, el personaje ha logrado componer una imagen extremadamente divertida, a veces hilarante, que logra captar la empatía del público, tanto el ligado a las ciencias exactas y naturales como el que no lo está.

Los personajes secundarios no se quedan atrás. Leonard también es un físico experimental del Caltech, comparte departamento con Sheldon y, si bien es un geek con deficiencias para la sociabilización, es el menos nerd del grupo. Penny es la vecina de Sheldon y Leonard, mesera de ocupación, guionista cinematográfica por vocación, carente de formación académica pero pletórica de sentido común. Howard es un ingeniero que no

vive con su madre sino su madre con él y paga el precio de no haber obtenido un doctorado. Rajesh es un astrofísico indio que vive en California y no contesta preguntas que provengan del género femenino a menos que supere cierto umbral de alcohol en sangre.

Todos componen una red inacabable de diálogos y situaciones –que logran superar los clichés de las comedias de situación estadounidenses– para desnudar, de manera divertida, tanto a la globalizada relación entre los científicos como a la de ellos con el resto de la sociedad. Además, todo transcurre en un impensado y atractivo entorno científico que hasta los no especialistas perciben como real y genuino.

Las audiencias dicen

En consulta informal a una centena de estudiantes y graduados de Exactas, mayoritariamente matemáticos, físicos, biólogos y computadores, menores de cuarenta años, que vieron al menos una temporada completa de TBBT, más de la mitad considera que, más allá de la exageración de la caricatura, hay gran verosimilitud en las situaciones sociales y personales que se muestran y sus experiencias reales. En otra consulta a audiencias parecidas a las anteriores

pero para nada ligadas a estas ciencias, la mayoría considera que la imagen presentada en la serie se corresponde con sus experiencias personales con científicos.

Parte de la comunidad de Exactas opina que la serie es exitosa porque los personajes son en sí mismos graciosos, al margen de las referencias científicas, por caracteres tales como los problemas de sociabilización de Sheldon y Leonard, la relación de Howard con su madre o la timidez enfermiza de Raj con las mujeres. Para la platea no ligada a las ciencias exactas y naturales, también el tema científico es secundario dado que la burla es a la situación incómoda que genera la presunta hermeticidad del lenguaje científico y las diferencias de comportamiento social con los no científicos.

Un graduado de Física afirma que la serie muestra al mundo científico desde una nueva perspectiva: “dado que el nerd es normalmente ridiculizado, estos personajes generan no sólo gracia sino también admiración y muestran un aspecto muy cool de la ciencia.” En línea con que la obsesión no es sólo patrimonio de los científicos, las opiniones van en la dirección que indica que la serie gusta porque las diferentes audiencias son, ellas mismas, mayoritariamente *nerds*



Fuente: U.S. Energy Information Administration

en sentido amplio. “Mucha gente puede identificarse con ciertos aspectos de los personajes, como puede ser la competitividad entre compañeros, la soledad por no tener pareja, el exceso de trabajo, o tener un hobby que el resto considere infantil”, opina un graduado de computación. Penny, el personaje no científico de la serie, “juega el rol de los ojos de la comunidad no *nerd* y, a través de ella, los televidentes logran tener contacto con una clase de científico que no es el viejo loco de *Volverse al Futuro* o de *Futurama* sino un par generacional al que ella es capaz de poner en ridículo”, comenta un matemático.

Por su parte, lejos de Exactas o no tanto, una antropóloga opina: “Conozco colegas de mi facultad, Filosofía y Letras

(UBA), que ven la serie y les divierte mucho compararse y encontrar analogías con estudiantes, graduadas y graduados de Exactas”.

Hay también personajes de terceras líneas, como Amy –neurobióloga brillante, casi la versión femenina de Sheldon, con quien éste celebra un *acuerdo de noviazgo*– de la cual una docente de literatura opina: “es muy interesante como personaje porque se opone a la concepción de que la mujer es un ser eminentemente emocional. Ella es pura razón.”

Las situaciones

¿Qué divierte más al público especializado? Para la mayoría de las y los jóvenes graduados, las escenas en las que se alude al sistema científico son las más

divertidas. Por ejemplo, el capítulo en el cual un entomólogo es echado de la universidad o cuando Leonard tiene que trabajar de noche para poder utilizar cierto equipamiento. “De entre todos los estereotipos del científico, la novedad de la serie es que refleja situaciones reales, tales como pelearse por la oficina del que se jubiló o la incapacidad de resolver naturalmente problemas cotidianos”, reflexiona una matemática. La serie caricaturiza de manera muy divertida a la presunta puja entre físicos experimentales y físicos teóricos y sobre los mitos urbanos acerca de los enfrentamientos del tipo físicos versus ingenieros, físicos versus biólogos, físicos versus filósofos, físicos versus médicos, físicos versus abogados, físicos versus economistas, físicos versus músicos, físicos versus maestras jardineras,...

“En un episodio Leonard cuenta un chiste *geek* luego de lo cual la pantalla muestra la cara de *cuál-es-la-gracia* de Penny. Las risas pregrabadas respondían a la cara de Penny ¡pero yo me reí del chiste!”, confiesa una graduada de matemática y computación.

“La escena de los cuatro amigos con sus laptops en las faldas jugando videojuegos en red, con un nivel de abstracción tal que no pueden escuchar a Penny y a

PARA LEER, VER Y ESCUCHAR

Sitio oficial:

<http://the-big-bang-theory.com/>

Revista Science, Volumen 320,9/5/08:

<http://www.sciencemag.org/content/320/5877/740.full.pdf?sid=1bda8abe-6a1e-4dc3-b3a2-e3d424282d6e>

sus amigas gritarles que quieren hacer el amor con ellos, me recuerdan a las reuniones de docentes de algunas materias de Ciencias de la Computación, con la diferencia de que ahí hay, además, un totémico pizarrón pero ninguna Penny...”, paraleliza el graduado de Ciencias de la Computación. “La escena en la que los chicos intentan ayudar a Penny a armar su mueble para la televisión es bastante acertada: muchas veces pasa en la vida real que para resolver un problema bastante trivial, los *nerds* encaran métodos innecesariamente complicados”, explica un químico.

“¡Todos tenemos uno de esos compañeros que, como Sheldon, siempre quieren tener la razón! Somos así...”, concluye una bióloga. “Yo he vivido situaciones similares a las de la serie en alguna reunión donde los doctorados subestiman a los que no lo son igual que lo hace Sheldon”, explica una graduada de geología.

Para la antropóloga, “cualquiera de las escenas que refieren a la literalidad son representativas de la realidad cuando los personajes no responden al doble sentido, a las segundas intenciones, a la lectura entre líneas, al sarcasmo, a la ironía sino que simplemente operan una instrucción y toman textualmente lo que se les dijo”, y agrega: “Sheldon es el caso extremo, pero puedo decir que conocí algunos habitantes del Pabellón I que aproximan bastante bien...”

El físico de verdad

David Saltzberg es un físico de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) que trabaja cazando astropartículas en la Antártida y es, además y nada menos, el asesor científico de los guionistas de TBBT. Menuda tarea. Cualquier palabra del guión que refiera a conocimiento científico, por inofensiva que parezca, puede significar la crítica académica de sus pares o la crítica televisiva de los productores de la CBS. Si bien la distancia entre estos dos abismos es razonable como para asesorar sin sobresaltos, Saltzberg se lo toma con mucha responsabilidad: “Trato de asistir a todas las grabaciones, por si hay alguna pregunta de último momento”, dice el físico desnudando su costado *otaku*.

En la serie la ciencia es absolutamente verdadera. “En la segunda temporada, los guionistas necesitaban presentar un proyecto científico en el que Leonard estuviera trabajando para mostrárselo a su madre cuando ésta lo visitara en su

laboratorio. Yo sugerí un proyecto real que terminó en un potencial descubrimiento sobre la materia oscura hecho recientemente por un grupo italiano”, explica Saltzberg. Una verdadera popularización subliminal del conocimiento. Todo el entorno escenográfico respeta el rigor científico. En el episodio en el que los protagonistas compran una réplica de una máquina del tiempo, las ecuaciones escritas en las pizarras son las relativistas del viaje por los llamados *agujeros de gusano* (Ver EXACTAMENTE 30). “Al leer en la TV una de nuestras pizarras, un matemático nos criticó el formalismo, pero no por incorrecto sino por el poco apego por el rigor con que los físicos lo usan...”, recuerda Saltzberg. Asimismo, todos los libros que se muestran son verdaderos. Es más, “muchos están escritos



por amigos míos”, confiesa el asesor. Un par de veces, los guionistas y el elenco han visitado el lugar de trabajo de Saltzberg en la UCLA como una forma de adquirir impresiones de primera mano tanto sobre algunos experimentos modernos como de decenas de físicos reales apasionados por sus trabajos.

Para Saltzberg, la parte de los guiones que incluye física “de primer año” son los más divertidos. Por ejemplo, la escena donde Leonard y Sheldon suben una caja pesada al departamento de Penny usando las escaleras como un plano inclinado o la cita entre Leonard y Penny en la que él hace girar una aceituna en un vaso y describe concisamente la diferencia entre fuerza centrífuga y centrípeta. El disfraz de Sheldon de Efecto Doppler tuvo también gran trascendencia: “un profesor de secundaria me contó que usualmente analiza con los alumnos el mal uso de los conceptos científicos en

la TV y el cine pero, con TBBT, tuvo que admitir que aún no pudieron encontrar nada erróneo”, comenta Saltzberg.

La mayoría de los colegas de Saltzberg que han visto el show reconocen algo de Sheldon en los físicos de sus departamentos o institutos. “A veces me cuentan sobre alguien que es más extremo que Sheldon pero ¡ninguno dice que ellos mismos son Sheldon! Yo mismo me he encontrado diciendo cosas que Sheldon había dicho en el show y me sentí un poco avergonzado luego”, explica un astrofísico.

La respuesta que TBBT ha recibido de parte de la comunidad de físicos profesionales fue abrumadoramente positiva: la revista *Science* le dedicó una página entera en el año 2008 (Ver Recuadro Para leer...). “La Sociedad estadounidense de Física (APS) me escribió para decirme que está fascinada con el show y nosotros mencionamos su revista, *Physics Today*, en uno de nuestros shows”, explica Saltzberg.

Por un lado, las referencias a la física introductoria, que cualquiera vio o ve en su secundaria, causan una llamativa atracción y, por otro, las menciones a trabajos de investigación actuales operan como verdaderas popularizaciones. En estas épocas, donde decae la cobertura que hacen los medios de comunicación de las ciencias formalizadas por la matemática, TBBT es una ventana popularizadora para más de quince millones de televidentes.

La graduación

Rosario Galante fue, durante cuarenta años, *pañolero* –personal técnico de apoyo a la docencia en los laboratorios de enseñanza– del Departamento de Física de Exactas-UBA. Por lo tanto, Galante vio pasar por su laboratorio alrededor de cuatro mil alumnos. Su estadística es muy robusta: “cuanto más cerca de la pared de su derecha ves transitar a un estudiante de Física por los cuarenta metros del pasillo del primer piso, más cerca está de ser un *nerd* con todas la letras.”

Más allá de la visión antropológica de la vida de Galante, indudablemente hay una suma de características que individualizan socialmente a los y las graduadas en ciencias formalizadas por la matemática. Justamente, ¿será la mismísima matemática y su poder moldeador de discursos y actitudes? Probablemente. Mientras buscamos la demostración a esta conjetura reivindicamos, con mucho orgullo, la pertenencia a la familia de los Bichos de Exactas.

Arquitectura de nidos de hormigas

Las obreras al poder

Susana Gallardo - sgallardo@de.fcen.uba.ar

En Chaco y Formosa, las hormigas cortadoras de hojas construyen grandes nidos, con cámaras subterráneas, galerías y chimeneas de ventilación, que van reformando según las condiciones climáticas. En el desierto del Monte, en Mendoza, las hormigas granívoras cambian sus estrategias de cosecha según la mayor o menor disponibilidad de semillas. Al parecer, sin un poder central que las gobierne, ellas coordinan sus tareas a la perfección.

El sueño de la casa propia no es privativo de los humanos. De hecho, algunas especies de aves y de insectos, como las hormigas, las abejas y las termitas, construyen sus viviendas, algunas de las cuales sorprenden por la complejidad de las técnicas empleadas.

Construir el nido es una forma de protegerse de los predadores y de las inclemencias del clima. En cierto modo, es una forma de control sobre el ambiente. Y hay nidos de muy diferentes dimensiones: viviendas de uno o dos ambientes, como las que construyen ciertos pájaros, hasta los grandes conjuntos habitacionales que edifican algunas especies de hormigas.

En particular, las hormigas cortadoras de hojas, esas que son el terror de los rosales, y que trabajan sin parar acarreado hasta el nido su botín de hojas tiernas, sobresalen por la ingeniería de construcción. En efecto, los miembros del género *Atta* edifican nidos muy complejos, con miles de cámaras

subterráneas, donde se mantienen jardines de hongos y se crían y alimentan las larvas.

Las pequeñas hojas que son acarreadas hacia el nido no forman parte del almuerzo de las laboriosas hormigas, sino que sirven para “engordar” a los hongos que constituyen el alimento fundamental. En particular, la especie *Atta vollenweideri*, que habita en la región chaqueña (en las provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Santa Fe), excava en la tierra nidos que tienen entre 6 y 8 metros de diámetro, y 3 o 4 metros de profundidad, formando un montículo externo de unos 80 centímetros de altura. En su interior conviven unos 6 millones de individuos.

Ingenieras avezadas

Pero estas hormigas no solo excavan la tierra, sino que transportan al nido diferentes materiales para reforzar y dar estabilidad a la vivienda. Las técnicas constructivas fueron estudiadas en detalle por Marcela Cosarinsky, bióloga doctorada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA (Exactas-UBA), que trabaja en colaboración con el

doctor Flavio Roces, investigador argentino establecido en Alemania. Parte del trabajo consistió en excavar los nidos para estudiar las galerías y cámaras subterráneas. “Cuando se destapa un nido, de su interior aflora aire caliente y una atmósfera cargada de dióxido de carbono, que proviene sobre todo de las cámaras donde se cultivan los hongos”, relata Cosarinsky. Por ello, las hormigas construyen torres de ventilación, que se componen de pequeños “ladrillos” que ellas fabrican, a partir de la arcilla, con sus piezas bucales con forma de cuchara.

Además de las observaciones in situ, los investigadores realizaron experimentos en el laboratorio, con nidos artificiales, para indagar de qué modo las hormigas construían las chimeneas.

“Les ofrecimos distintos materiales: arcilla, arena y hasta mostacillas de plástico. Ellas apilaban el material y armaban las torrecitas. Lo interesante fue que, si les dábamos arcilla, construían con arcilla; si les dábamos arena, lo hacían con arena. Pero, si primero les dábamos arcilla y después arena, desarmaban la torre que habían hecho con arcilla e



Diana Martínez Llaser. CePro-EXACTAS

intercalaban la arena, de modo que la construcción resultara más estable y la pared más porosa”, describe Cosarinsky. Una torre hecha solo de arena, o con la base de arena, era menos estable que si se construía intercalando ambos materiales. “Al microscopio se observa que cada granito de arena está rodeado de bolitas de arcilla”, detalla.

Además, esas bolitas de arcilla son huecas en su interior. Así, la construcción avanza rápido, y también se puede desarmar con rapidez. De hecho, las hormigas arman y desarman las chimeneas y orientan las aberturas según la dirección del viento.

Adaptarse al clima

El estudio de la construcción de nidos apunta a entender de qué modo los insectos pueden regular el clima en el interior de la vivienda. “Queremos conocer qué variables son relevantes para los insectos dentro del nido; saber si se protegen de los cambios de temperatura y humedad, o si es importante el control de las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono”, afirma Flavio Rocés,

investigador del Departamento de Fisiología del Comportamiento y Sociobiología de la Universidad de Würzburg, Alemania. Rocés es egresado de Exactas-UBA, donde se doctoró bajo la dirección del doctor Josué Núñez, en 1990.

La hipótesis es que las hormigas efectúan reformas en los nidos cuando perciben cambios en el ambiente, y de ese modo pueden mejorar las condiciones en el interior. De hecho, ellas cierran las aberturas de las chimeneas en invierno, ya sea porque el aire es muy frío o muy seco. Por su parte, la porosidad de las paredes de la chimenea mejora el intercambio de gases a través de la estructura.

Al simular lluvia, los investigadores vieron que, si las paredes porosas se compactaban por el agua, después que cesaba de llover las hormigas volvían a abrir el material de la pared que se había compactado, y hacían poros. También volvían a abrir la ventana que había colapsado. Por otra parte, la arcilla es más moldeable cuando está húmeda; y las hormigas aprovechan para hacer reformas que serían imposibles de realizar con la arcilla seca y dura.

BAJO EL MICROSCOPIO

Como los hormigueros se construyen con los materiales que aporta el suelo, Marcela Cosarinsky estudia el suelo, tomando muestras en el área de los hormigueros y luego, bajo el microscopio, analiza su estructura; es lo que se denomina “micromorfología”, y realiza su trabajo en el laboratorio de Edafología, en el Departamento de Ciencias Geológicas de Exactas-UBA. “Las muestras del suelo se impregnan en una resina coloreada, poliéster, y luego se hacen cortes de 30 micrones, que se pueden ver al microscopio. Son microscopios con luz polarizada, que permiten identificar los minerales que componen el suelo”, explica. También se puede observar el tipo de revoque que cubre las paredes del nido, que puede ser de arcilla o de materia orgánica. Por ejemplo, las termitas tapizan las paredes con excrementos. “El revoque cumple la función de mantener la humedad”, señala.

Unidos y autoorganizados

Lo cierto es que la conducta de las hormigas se relaciona con las variables del clima. Ahora bien, ¿quién da la orden?, ¿quién dice: “Chicas, hay que tapar las chimeneas porque llueve”, o “Vamos a abrirlas porque aquí abajo no se puede respirar”?

Los humanos estamos acostumbrados a una forma de organización social centralizada y jerárquica. Ya sea en la familia, la universidad o el trabajo, la información circula mayormente en una dirección, de arriba hacia abajo, desde alguien que toma una decisión y ordena actuar, y otros que cumplen el mandato. Además, hay quien controla.

Por ello, tal vez nos asombre que en la colonia no haya un poder central, es decir, nadie dice lo que hay que hacer, pero cada uno sabe cuál es su tarea. Tampoco hay nadie que ejerza un control. No obstante, todo funciona a la perfección.

“Queremos entender cómo coordina sus actividades un grupo de individuos que tienen un acceso limitado a la información y que responden a estímulos percibidos localmente, es decir, cada uno desconoce qué están haciendo los otros miembros de la colonia, cómo están las condiciones ambientales fuera del nido, o cómo son las condiciones climáticas en otras partes dentro del nido. Pero, a pesar de ello, la colonia da una respuesta muy organizada”, explica Roces.

Y compara: “Los insectos sociales, hormigas, abejas, avispas, termitas y abejorros, nos muestran una forma de organización descentralizada, totalmente opuesta a la que nosotros conocemos y con la que nos manejamos habitualmente”, contraponen Roces. Esa forma, al parecer, ha resultado muy exitosa desde el punto de vista de la evolución.

“Es cierto que el número de especies sociales es mucho menor que aquellas que no son sociales, sin embargo, si se consideran los ambientes que han colonizado, el número de individuos de cada colonia, y la cantidad de colonias, se observa el éxito alcanzado por los insectos sociales”, argumenta el investigador.

Así, entender la coordinación que logran las hormigas en ausencia de un poder central puede poner en evidencia formas alternativas de cómo organizar una respuesta en un grupo.

¿Quién lava los platos?

La clave de toda organización social reside en la comunicación, y entre los



Nido de hormigas con torres de ventilación en el campo.

insectos sociales hay formas sencillas pero variadas; muchas de ellas consisten en huellas químicas (feromonas). Ahora bien, Roces, junto con otros investigadores, encontró que las hormigas cortadoras producen una vibración con su cuerpo que les sirve como medio de comunicación a la hora de encarar reformas en los nidos.

Pero ¿alguien inicia la comunicación? Al parecer, se trata de responder a un estímulo, y algunos responden antes que otros. “En cualquier grupo hay diferencias entre los individuos y entre los umbrales de respuesta de cada uno ante el mismo estímulo. El que tiene el umbral más bajo es el que primero actúa”, explica Roces.

Y hace una analogía apelando a la costumbre de los estudiantes en Europa de vivir en departamentos compartidos. Cada uno tiene su habitación, y hacen un uso común de la cocina y el baño. Esa convivencia requiere una organización para que cada uno contribuya con tareas como cocinar o lavar los platos. Normalmente, se hace un listado con los nombres, las tareas y las fechas, estableciendo, por ejemplo, quién lava los platos tal día de la semana.

“En las colonias de hormigas, los trabajos se organizan de otra forma. Las hormigas que ‘lavan los platos’ serían aquellas que tienen el umbral más bajo, es decir, que no aguantan ver los platos sucios. Así, resulta que siempre serán los mismos individuos los que hagan esa tarea”, compara el investigador.

De ese modo, los que tengan el umbral más alto nunca van a tener oportunidad de lavar los platos, porque siempre

va a haber otros que lo hagan antes. Se produce así una división del trabajo “automática” entre los que lavan y aquellos que no lavan. El estímulo tendría que ser muy intenso para que los que tienen el umbral muy alto se pusieran a lavar los platos. Entonces, en una colonia, la división de tareas depende de una diferencia de umbrales entre los individuos.

En cuanto a la construcción del nido, si la situación exige que haya que hacer reparaciones, aquellos que tienen un umbral de respuesta más bajo serán los primeros que empiecen a trabajar y que llamen a otros. Así se organiza una situación sin que nadie en particular formule una orden. Así funciona una organización descentralizada y autoorganizada.

¿Hay hormigas haraganas? “En una colonia de hormigas, todos los miembros se benefician por el resultado común. A nadie le conviene engañar, porque sería perjudicial para el conjunto”, explica Roces.

Semillas a la carta

En el desierto del Monte, en la provincia de Mendoza, además de hormigas cortadoras, hay una veintena de especies que se alimentan de semillas. El grupo de investigación que dirige Javier López de Casenave, investigador del Departamento de Ecología, Genética y Evolución de Exactas-UBA, se dedica a estudiar la interacción entre las plantas y varias especies de hormigas que son exclusivamente granívoras, en particular las del género *Pogonomyrmex*.

“Nos interesa saber qué efectos podrían tener sobre las plantas cuyas semillas consumen. Y cómo varía el comportamiento



Marcela Cosarinsky

Nido de *Atta vollenweideri*

CLASES SOCIALES

Las colonias de hormigas se componen de una reina y las operarias estériles (jardineras, cortadoras, cargadoras, escoltas y soldados) que son los habitantes permanentes en el nido. Una vez al año se producen hembras fértiles (futuras reinas) y machos alados, que podrán dar origen a nuevas colonias. Las reinas son las únicas hembras fértiles, y los machos son todos fértiles, y su principal función es aparearse. La reina crea el hormiguero y multiplica la colonia. Puede vivir hasta 30 años, y a su muerte la colonia desaparece. Las hormigas soldado se encargan de defender el nido. Las jardineras cuidan los hongos y alimentan la colonia. Las exploradoras, las cortadoras y las cargadoras se ocupan de ir en busca de comida. Cada una tiene diferente función: las exploradoras buscan la fuente de comida, las cortadoras cortan las plantas y las cargadoras acarrean los pedazos de las plantas hasta el nido.

de las hormigas con los cambios estacionales y la mayor o menor abundancia de semillas”, explica López de Casenave.

Las hormigas cosechan semillas, y las almacenan en el nido, en cámaras especiales. De este modo pueden disponer de alimento todo el año, más allá de la época de cosecha.

En este género, los individuos no presentan diferencias morfológicas según las actividades que realizan. Es más, las mismas obreras cambian de tarea con el tiempo. “En algunas especies se vio que los individuos, con la edad, tienden a hacer tareas distintas”, dice López de Casenave. Salir a forrajear parece ser la última tarea de las obreras en su vida. “Algunos autores piensan que las hormigas más viejas tienen más experiencia para manejar la información y para enfrentar el riesgo de salir al exterior”, explica. Mientras las más viejas salen a buscar semillas, otras se ocupan de cuidar las larvas y los huevos, atender a la reina, mantener las semillas en los granarios y hacer la limpieza, entre muchas otras tareas.

Los investigadores intentan saber si la disposición espacial de las semillas en el terreno (si están dispersas o agrupadas) afecta la forma de hacer la recolección. “Lo que observamos es que algunas de estas hormigas cambian la estrategia. Si el alimento está disperso, forrajean en forma individual. Pero si las semillas están concentradas, cambian de táctica, y se organizan en columnas, logrando mayor eficiencia en la recolección”, indica.

Esos cambios en las estrategias de reclutamiento a la hora del refrigerio tienen que ver con la comunicación de las

obreras entre sí. En este caso se trata de señales olorosas que van dejando en el camino y que son reconocidas por las que vienen detrás.

En las hormigas granívoras, como en los insectos sociales en general, no hay un poder central que dé la orden de cómo actuar. “Algunos autores pensaron que la colonia estaba gobernada por la reina, que es la que pone los huevos y genera las obreras. Se creía que las necesidades de la reina y la evaluación que ella haría del ambiente modularían las actividades de la colonia”, señala López de Casenave, y prosigue: “Pero otros autores proponen que la información de primera mano la tienen las obreras”. Éstas tendrían así un rol más relevante, pues son las que interactúan con el ambiente, e influyen en el nido con sus actividades.


Algunas especies de hormigas, cuando hay un cambio ambiental y disminuye la disponibilidad de semillas, modifican la dieta y buscan lo que está disponible, más allá de sus preferencias innatas. “Lo que se observa en el campo es que algunas especies modifican la preferencia, mientras que otras son incapaces de cambiar”, sostiene López de Casenave.

La gran pregunta que se busca responder con estos estudios es qué efectos recíprocos tienen las hormigas sobre las plantas al consumir sus semillas, o las plantas sobre las hormigas a través del alimento que les ofrecen.

En última instancia, el estudio de la relación entre plantas y hormigas podría decir algo sobre el funcionamiento de los sistemas naturales. “La pregunta es si en un ecosistema el consumo de los animales modula la productividad de las plantas (los productores), o si ese sistema está modulado de abajo hacia arriba, y lo que les pasa a los productores determina qué pueden hacer los consumidores”, opina el investigador.

Si el sistema está regulado desde abajo, son más importantes los efectos de las plantas sobre los consumidores. Si está regulado desde arriba, tiene más importancia qué hacen los consumidores.

“A lo largo de la historia de la ecología ha habido visiones diferentes. Lo que se ve es que depende de los ecosistemas, no todos funcionan igual”, concluye López de Casenave.

En resumen, estudiar a las hormigas puede decirnos mucho, no sólo acerca de cómo funcionan los ecosistemas, sino también sobre las formas de organización social. 

Memorias de estado sólido

Recuerdos indestructibles

Un grupo formado por investigadores de cinco instituciones públicas de la Argentina trabaja en la búsqueda de memorias informáticas cada vez más efectivas, más resistentes a las hostilidades del espacio exterior. Materiales superconductores en la mira.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar

Un día perfecto junto al mar. Muchas fotos, algunas se subirán a Facebook, otras se bajarán a la computadora. Ese momento que queremos guardar en el recuerdo también incluye alguna filmación con el celular. Estos ritos ya son un clásico de la playa, que tiene a sus pies gran parte del soporte de ese mundo virtual. Es que la memoria electrónica, la que se usa a diario en esos dispositivos tecnológicos, está basada en un componente de la arena, el silicio. Este material hoy permite guardar datos de todo tipo, desde imágenes familiares, hasta informes confidenciales, secretos de estado, conocimientos académicos, finanzas mundiales, mensajes de amor, y todo lo que el mundo ha producido en los últimos tiempos.

Gran parte de la actividad humana está informatizada. Cada vez se requieren equipos más veloces, con mayor capacidad de almacenamiento, más pequeños, más livianos, más resistentes a situaciones hostiles y más... La demanda es insaciable. Siempre se necesita más y más. Y el silicio parece haber llegado a su límite.

“El silicio dio lo máximo que pudo”, señala Carlos Acha, director del Laboratorio de Bajas Temperaturas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la

Universidad de Buenos Aires (Exactas-UBA). “Cada año y medio se venía duplicando la densidad de la información guardada en las memorias. Pero el avance en la compactación de memoria se está deteniendo y ya no es fácil avanzar. Se está llegando a un límite. Es por esto que se están buscando otros mecanismos y otros materiales”, agrega.

En este aspecto, coincide Marcelo Rozemberg, investigador del CONICET y profesor del departamento de Física de Exactas-UBA, quien dijo al *el Cable* (publicación del área de Medios de Exactas-UBA): “Desde hace años que se viene previendo la muerte de las computadoras de silicio, en el sentido de que cada vez están más cerca de su límite, no van a poder mejorar más. Entonces, surge la necesidad de buscar otros materiales”.

Ellos, junto con Pablo Levy, investigador del CONICET en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y un equipo de una veintena de ingenieros, químicos así como físicos trabajan en la Argentina desde hace años en hallar alternativas al silicio. “Estudiamos una tecnología emergente para realizar memorias permanentes, que pueden resultar veloces, miniaturizables y capaces de soportar ambientes adversos”, indican sobre su proyecto llamado MeMOSat que ya

recibió dos distinciones nacionales. (Ver Recuadro “Premios por dos”).

Estos científicos argentinos se suman a una inquietud mundial. “Toda la comunidad internacional plantea la necesidad de memorias distintas a las actuales. Necesitamos no sólo otro material, sino otro concepto de cómo funciona”, puntualiza Acha, y más adelante precisa: “Nosotros estudiamos un tipo de memoria, pero hay al menos diez diferentes que se están investigando y pueden llegar a ser el futuro tecnológico de la memoria *flash* actual”. La memoria de estado sólido con tecnología *flash* es la que utilizan los teléfonos celulares, cámaras fotográficas, *pen drives*, etcétera. Son dispositivos en los que se escribe, se guarda la escritura, y se recupera sin necesidad de movimientos mecánicos como en los discos rígidos magnéticos u ópticos. La información se maneja en forma electrónica exclusivamente, incluso en el borrado cuando decidimos descartar información y recuperar espacio de memoria.

El caso del equipo argentino es específico y tiene un objetivo preciso. “Nosotros no apuntamos a una memoria de uso popular y comercial como el de las computadoras, o las de un *pen drive* o un celular. Nosotros apuntamos a lo que podríamos llamar *aplicaciones nicho*,





Leandro Lanosa

Película delgada de YBCO (cuprato superconductor) con depósitos de oro y platino. Cada par oro-YBCO-platino conforma una memoria ReRAM.

donde hay pocos interesados pero muy poderosos”, resalta Levy.

El desafío es grande y ambicioso. Tiene en la mira el espacio exterior (fuera de la Tierra). La consigna es lograr resguardar con éxito una gran cantidad de datos de las inclemencias del universo, durante el mayor tiempo posible, sin que ocupe demasiado espacio y pese lo mínimo e indispensable. Se trata de diseñar una memoria para ser usada en satélites.

Houston, tenemos un problema

Un hecho parecido al catalogado como “Houston, tenemos un problema”, vivió la agencia espacial norteamericana, NASA, meses atrás cuando el robot “Curiosity”, que exploraba en la zona del cráter Gale en Marte, presentó complicaciones en la memoria de la computadora. Al igual que muchas naves espaciales, este rover que se desplaza por territorio marciano lleva un par de computadoras principales redundantes para tener una copia de seguridad disponible si la otra presenta errores.

La ley de Murphy, que señala, con humor: “todo lo que puede salir mal, seguro que saldrá mal”, mostró una vez más que no sólo se cumple en la Tierra sino también en el planeta rojo. “Al aparato

que está en Marte le falló la memoria, entonces comenzó a operar la computadora secundaria, a la que también le falló la memoria, porque está sujeta a una radiación importante. Los dispositivos fallan en esas situaciones”, describe Levy.

Verdaderamente hostil es el universo. A las radiaciones se le suman los cambios bruscos de temperatura. “Son ambientes con grandes saltos de temperatura según le dé a la superficie del aparato el sol o no. Puede variar 350 grados: desde 200 grados bajo cero a la noche, hasta 150 grados cuando le pega el Sol”, ejemplifica Acha. Tener que soportar una amplitud de temperatura tan grande no es saludable para nadie, y tampoco para los equipos electrónicos. “No es raro un eclipse en el espacio, si el satélite pasa por un cono de sombra, varía bruscamente la temperatura. Hay muchas estrategias para cambiar eso. Por ejemplo, ubicar a la computadora de vuelta en un ambiente climatizado, pero esto es caro para mandar a una expedición al exterior, porque resulta pesado y consume energía”, compara Levy.

No sólo el allá afuera es poco amigable, sino también el camino para llegar hasta allí es peligrosamente vertiginoso. “Estamos trabajando para que las memorias puedan soportar mejor el shock

asociado al despegue de un cohete”, puntualiza Levy.

MeMOSat, Mecanismos de Memoria en Óxidos para aplicaciones Satelitales, es el nombre de este proyecto que tiene en la mira al espacio exterior, pero a largo término no descartan objetivos terrenales con ambientes altamente hostiles. “A mediano plazo –dice Levy–, nos gustaría tener memorias que sirvan en reactores nucleares, que son zonas muy inhóspitas o agresivas. También, para equipos que trabajan en áreas volcánicas con temperaturas muy altas, que requieren guardar información, y que en un pen drive tradicional se borrarían”.

Resetear o reiniciar la computadora es algo que cualquier usuario ha hecho alguna vez en su vida con sólo apretar un botón al alcance de la mano, claro que cuando esto ocurre a miles y miles de kilómetros y con equipos de alta sensibilidad que dependen de la informática, la cosa se complica. “Gente de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Conae) nos decía que a los satélites, al igual que a una computadora, cada tanto es necesario apagarlos y volver a encenderlos porque algo se colgó en el equipo en cuanto a las unidades que procesan información. Cuando arranca todo de nuevo, se necesita que las condiciones

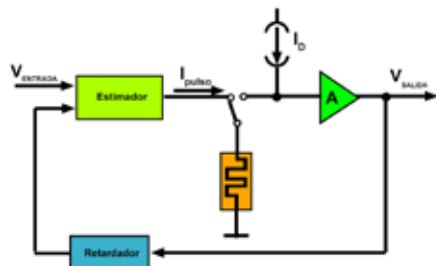


Gráfico 1

1) diagrama del circuito realimentado empleado. La memoria figura en amarillo.

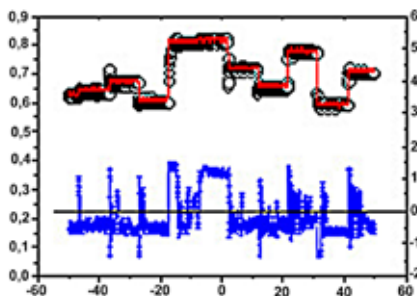


Gráfico 2

2) Resultados del experimento de programación de niveles de resistencia: en este experimento se buscó mostrar que con un circuito realimentado se lograba programar diferentes valores de resistencia para la memoria conformada por junturas de metal con óxido de manganeso. En rojo se ve el mensaje a grabar o requerimiento, en negro la respuesta de la memoria y en azul la amplitud de los pulsos requeridos para lograrlo.

de vuelo estén almacenadas en memorias robustas”, indica Acha. Por su parte, Levy expresa: “Esa información vital debe estar asegurada. Son cien bits, es muy poca memoria, pero debe ser ultra-segura porque no se debe borrar, ya que por ejemplo le permite el control de la posición en que estaba orientada la antena, cuánta energía le queda, cuál es su posición, etc.”.

Grande por lo poderosa, pero no por el tamaño. “Lo que estamos investigando es un nuevo tipo de memoria bien resistente, y –en una primera etapa– queremos hacer una memoria chiquita, pero bien diferenciada”, detalla Levy.

Nicho bajo estudio

Empresas y laboratorios de todo el mundo investigan nuevos materiales y distintos sistemas para lograr memorias masivas que se usarán en el futuro para un mercado insaciable en velocidad y capacidad de almacenamiento, y con muchos clientes dispuestos a pagarlas. “El año que viene ya salen memorias basadas en el mecanismo magnético, que son memorias de estado sólido mejores que las flash que se usan actualmente”, anticipa Acha.

El equipo argentino, lejos de competir en la franja de memorias masivas, se centró en las llamadas memorias resistivas, un nicho donde consideró que podía hacer la diferencia. Aún más, tiene historia en un campo que potenciaba esta posibilidad. “Argentina se especializa en dispositivos conformados por junturas de metales con cupratos superconductores

o manganitas. Esto no está muy estudiado en otros centros del mundo. Nosotros tomamos este nicho”, acota Acha.

El cuprato es un óxido de cobre, conocido y estudiado desde hace años. “Entre 1986 y 2000 –historia Acha– fue furor en el área de materia condensada donde yo trabajo. Había diez mil publicaciones por mes sobre esto. Como teníamos mucho conocimiento de ese material, empezamos a ver si podía tener un efecto de memoria, tratamos de entender cómo funciona en ese aspecto. Y así empezamos”.

Un párrafo aparte merece quien permitió dar el puntapié inicial de esta investigación. “Marcelo Rozemberg es físico teórico y nos sugirió que hiciéramos experimentos viendo si esta propiedad de la memoria resistiva existía en los óxidos que teníamos a mano”, recuerda Acha, un físico dedicado a pleno a la investigación básica.

En busca de conocimientos, a diario en distintos laboratorios de instituciones públicas nacionales, un equipo de científicos lleva distintos elementos a condiciones tales que comienzan a responder de modo diferente a lo habitual. “Así como el agua líquida pasa a ser sólida o hielo por el frío, estos materiales pasan de ser un metal normal a convertirse en superconductores por debajo de cierta temperatura”, grafica Acha, quien tiene un récord en este campo al lograr que un cuprato sometido a altísimas presiones se haga superconductor a 166 Kelvin, o sea, unos 107 grados Celsius bajo cero. Muy frío por cierto, pero no tanto como requieren otros materiales para convertirse en superconductores.

PREMIO POR DOS

MeMOSat, Mecanismos de Memoria en Óxidos para aplicaciones Satelitales, es el proyecto que recibió uno de los premios INNOVAR 2012 en física aplicada. “Consiste en el desarrollo de una tecnología emergente para realizar memorias electrónicas permanentes y rápidas, llamada ReRAM. Estos dispositivos son sumamente veloces para conmutar entre estados, son miniaturizables y capaces de soportar ambientes adversos”, explican en <http://galeria.innovar.gob.ar/12415> sus hacedores.

Ellos son: Pablo Levy, Néstor Ghenzi, Diego Rubí, Félix Palumbo, Carlos Acha, Laura Malatto, Liliana Fraigi, Eliana Mangano, Alejandro Schulman, María José Sánchez, Marcelo Rozemberg, Fernando Gomez Marlasca, Pablo Stoliar, Ariel Kalstein, Ignacio Alposta, Federico Tessler, Mercedes Linares Moreau, Cynthia Quinteros, Leticia Granja, Alberto Filevich, Christian Nigri, Federico Golmar, Francisco Parisi, Ana Gabriela Leyva, Cecilia Albornoz, Cecilia Fuertes y Andrés Stoliar

Ésta no fue la única distinción, sino que en 2010 obtuvo el premio Dupont CONICET. En esa ocasión, uno de los líderes del proyecto, Pablo Levy, destacó que se trataba de “un espaldarazo a un trabajo en colaboración entre 25 personas, que pertenecen a 5 instituciones públicas”. Se trata de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Técnicas (CONICET), Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (Exactas-UBA).





Carlos Acha, director del Laboratorio de Bajas Temperaturas de Exactas-UBA, trabajando en uno de los desarrollos del proyecto MeMOSat.

En esas salas de experimentación, metales y óxidos son combinados de modos diferentes y evaluados cada una de sus respuestas. “¿Da lo mismo si le pongo oro o plata? Si no da lo mismo ¿podemos explicar la diferencia de comportamiento? La idea es comprender cómo funciona, qué sucede, qué cambia”, relata Acha.

En el caso del cuprato bajo estudio, los científicos armaron un jugoso sándwich. “Empezamos trabajando con pastillitas de cerámicas (cupratos). Les depositamos contactos metálicos como oro, y platinos para hacer una interface. Arriba es metal, debajo de todo es el óxido, pero hay una capita que tiene modificada todas sus propiedades por el hecho de que de un lado es metal y del otro óxido. Es lo que se dice una juntura. Tiene propiedades específicas. Muchos de los cambios de memoria tienen que ver con los cambios en esta juntura”, explica Acha.

Un respiro en la explicación y a tomar oxígeno, justamente un elemento clave en este proceso que ayuda a escribir este tipo de memoria ideada para medios hostiles. A través de pulsos eléctricos, los científicos logran mover los oxígenos que se encuentran dentro de la estructura cristalina del óxido, y llevarlos y traerlos según sus deseos. “Al aplicar un pulso eléctrico en una interface óxido-metal se puede llegar a disminuir el contenido de oxígeno del óxido. Luego se cambia la polaridad, y se trae de nuevo a esos oxígenos y ocupan los espacios que habían quedado vacíos. Así se vuelven a obtener las propiedades originales”.

¿Para qué estas idas y vueltas? “Correr el oxígeno –responde Acha– cambia el estado de resistencia y eso hace que se pueda tener un estado de alta resistencia o uno bajo. Esto se controla con un campo eléctrico suficientemente grande, o sea se lo escribe o borra y luego basta leer el estado remanente con una tensión más chiquita que no cambia la resistencia. Se lee lo que quedó sin modificarlo. Se genera un estado no volátil de resistencia, alto o bajo, equivalente a un número binario; así se guarda información”.


Una vez que fueron archivados los datos, no se requiere ayuda externa. Esto es uno de los objetivos de MeMOSAT, apuntar a producir una memoria que pueda retener información sin consumo de energía. En busca de un ejemplo con elementos conocidos, Levy lo compara con un *pen drive* “donde uno lo graba, pero no necesita energía para mantener la memoria. Esto es una memoria no volátil”.

Resulta una paradoja que uno de los mayores logros obtenidos sea justamente el más pequeño en este largo proceso para dar con este tipo de memoria, que se inició en 2005. “En ese entonces, estábamos en la escala del milímetro, ahora tenemos memorias cuyo tamaño es de diez micrones, o sea que estuvimos miniaturizando. Esto es importante, porque al miniaturizar uno controla mejor el proceso de fabricación”, destaca Levy.

Cerebro electrónico

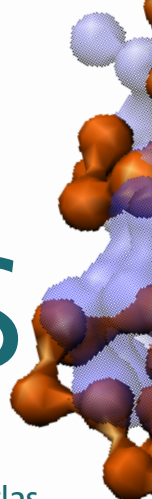
El desarrollo de esta memoria no volátil para ambientes hostiles se encuentra en pleno proceso de experimentación. Uno

de los desafíos a enfrentar es probar los dispositivos diseñados, en situaciones de alta radiación. “Veremos si en esas condiciones lo que pensamos que va a pasar, ocurre en realidad”, plantea Acha, quien enseguida añade: “Estamos arrancando y hay muy buenas posibilidades, pero es un camino largo”.

Mientras investigan si esta memoria es a prueba de agresiones extremas como las que ocurren en el espacio exterior, este estudio abre la cabeza en otro sentido. “Si alguna vez se quiere hacer algo parecido a un cerebro humano, pero electrónico, se tiene que hacer con este tipo de dispositivo porque el comportamiento es muy parecido al que se ve a nivel biológico en la sinapsis o conexión de las neuronas”, sugiere Acha. “Cuando uno va aprendiendo, las neuronas reciben estímulos que refuerzan o debilitan las conexiones entre sí (la llamada plasticidad sináptica). Bueno, estas memorias resistivas que estudiamos tienen la capacidad de reproducir esta propiedad. Según los estímulos externos que se aplican, se puede aumentar o disminuir su resistencia, favoreciendo o disminuyendo la conectividad eléctrica con su entorno. Nosotros estamos apuntando a entender muy bien cómo funcionan, para poder simular pequeños cerebros. Por supuesto, tenemos todavía que discutir con gente que trabaja en inteligencia artificial y en redes neuronales, como para hacer que estos pequeños dispositivos electrónicos se entrenen bajo ciertas condiciones de trabajo y aprendan un determinado funcionamiento, como reconocer números, objetos, etc. Es una parte del objetivo a largo plazo que queremos lograr”, concluye Acha. 

Multifacéticas moléculas de la vida

La frustración de las proteínas



Las conocemos como ingredientes saludables de nuestra dieta. Pero puede ser difícil imaginarlas como moléculas con conflictos e insatisfacciones permanentes. No obstante, analizar su “malestar” no es tarea de psicólogos. Es una empresa llevada a cabo por científicos de áreas muy diversas que quieren comprender cómo hacen las proteínas para efectuar la multimillonaria cantidad de acciones que sostienen la vida.

Gabriel Stekolschik - gstekol@de.fcen.uba.ar

Habitán todos los recovecos de la materia viva adoptando formas extravagantes, casi monstruosas. Su apariencia grotesca contrasta con la buena imagen que de ellas se transmite. Pero es precisamente su capacidad de adoptar estructuras increíblemente variadas la que otorga a estos diminutos esperpentos su estatus de “pilares de la vida”. Porque las proteínas –de ellas estamos hablando– son moléculas que pueden asumir conformaciones muy diversas y, por ello, desempeñar numerosas funciones que son vitales para los seres vivos.

Algunas, forman parte de la estructura básica de todos los tejidos vegetales y animales. Es decir, constituyen una parte importante del “armazón” que le da soporte a las células que constituyen

órganos como la piel, las hojas, el hígado, las raíces o el cerebro.

Otras, actúan como “máquinas” microscópicas que ejecutan tareas específicas. Por ejemplo, la hemoglobina es la proteína que transporta el oxígeno por la sangre, las inmunoglobulinas son los anticuerpos que nos defienden de las infecciones, la actina y la miosina son responsables de la contracción muscular, la trombina y el fibrinógeno contribuyen en la formación del coágulo sanguíneo, la insulina y el glucagón regulan los niveles de glucosa en la sangre.

Hay proteínas que ejecutan un programa de autodestrucción que conduce a la muerte celular y hay otras que trabajan para que una célula se multiplique.

Hay proteínas que nos ayudan a digerir los alimentos y hay otras que pueden

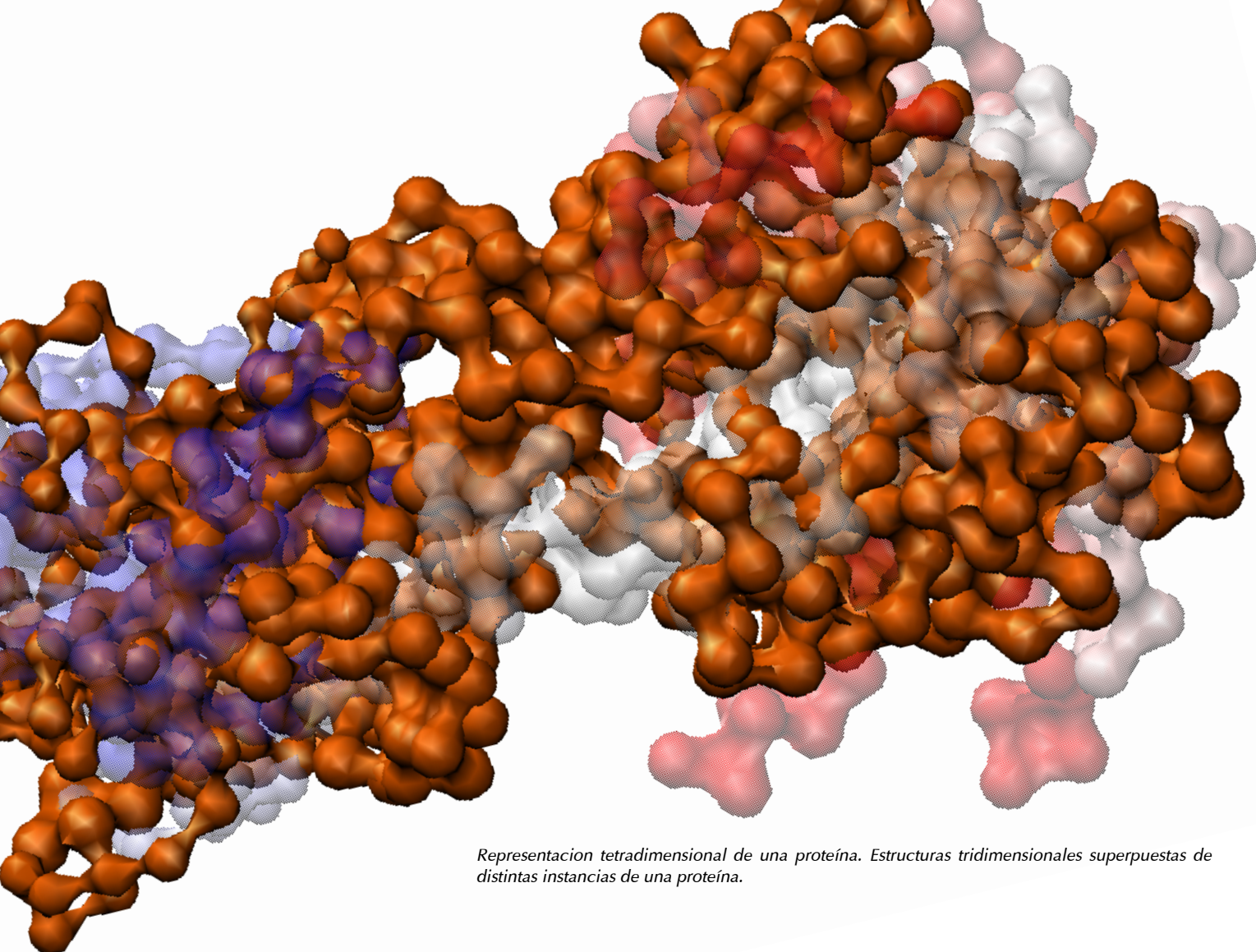
matarnos, como las toxinas producidas por algunas bacterias o las que componen el veneno de ciertas serpientes.

Hay proteínas que se encargan de destruir compuestos químicos y hay otras que se dedican a construir grandes moléculas, como por ejemplo el ADN. Incluso, hay proteínas que se dedican a fabricar proteínas.

Como se ve, hay proteínas “para todos los gustos”.

De hecho, el organismo de un solo ser humano tiene decenas de miles de proteínas diferentes que realizan decenas de miles de funciones diferentes.

Este número no incluye –obviamente– a la proteína que forma la tela de araña o a la que constituye el capullo del gusano de seda. Ni tampoco a la albúmina que conforma la clara del huevo o a la



Representación tetradimensional de una proteína. Estructuras tridimensionales superpuestas de distintas instancias de una proteína.

plastocianina, que posibilita la fotosíntesis en las plantas.

Si se listaran todas las proteínas distintas –conocidas hasta el momento– que existen en la naturaleza su número sería multimillonario.

En otras palabras, lo que conocemos con el nombre genérico de “proteínas” es un gigantesco conjunto de moléculas diferentes, cada una de las cuales ejecuta una acción particular.

Posibilidades infinitas

No es lo mismo una esponja que un japonés. Sin embargo, ambas palabras están formadas por exactamente las mismas letras. Son anagramas. Lo mismo que argentino e ignorante, o animales y milanese.

De igual modo, podría decirse que las proteínas están formadas por un número limitado de “letras” que pueden combinarse para crear “palabras” diferentes.

En esta analogía, esas “letras” son los aminoácidos, un conjunto de moléculas relativamente pequeñas que se unen entre sí para construir moléculas mucho más grandes (macromoléculas) que son, precisamente, las proteínas.

Como el alfabeto proteico está formado por veinte letras –es decir, hay veinte aminoácidos distintos– la cantidad de anagramas que podrían formarse es inmensa.

Pero no todas las proteínas utilizan los 20 aminoácidos para conformar su estructura. Algunas poseen apenas unas pocas letras distintas. No obstante, las repiten.

Mediante el uso redundante de aminoácidos, las proteínas pueden alcanzar longitudes muy diversas, que van desde unas pocas decenas de aminoácidos hasta varios miles. De hecho, la proteína más larga que se conoce, la conectina, que cumple un papel fundamental en la contracción muscular, está compuesta por 34.350 aminoácidos.

En definitiva, hablamos de un alfabeto de veinte letras que pueden mezclarse y repetirse de tantas maneras como sea posible para dar como resultado un diccionario infinito. Un glosario ilimitado que permite explicar la multimillonaria diversidad de moléculas proteicas que hacen posible la también multimillonaria variedad de acciones que sustentan la vida.

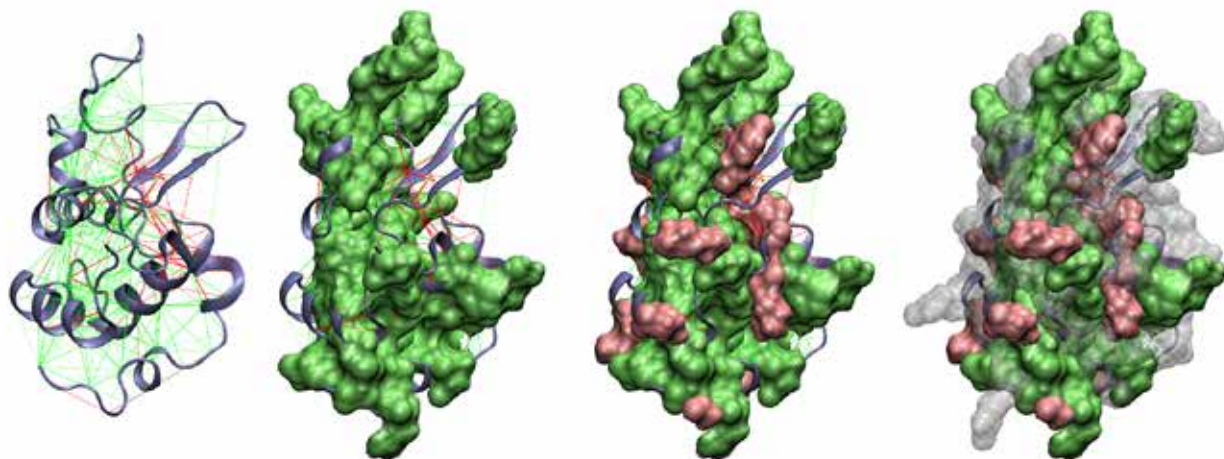
Origami molecular

La incalculable heterogeneidad de las proteínas no debería sorprender a nadie. En el colegio –o a través de las crónicas y series policiales– hemos aprendido que otra macromolécula, el ADN, también es interminablemente distinto y que –por eso– permite identificar a cada una de las miles de millones de personas que habitan nuestro mundo. Sabemos que la infinidad de seres vivos que pueblan el planeta tienen genomas diferentes. Que entre mamá, papá, cada árbol de la vereda, cada uno de los gatos del vecino y nosotros mismos existen diferencias genéticas. Y el ADN hace posible toda esa diversidad con un “simple alfabeto” de tan solo cuatro “letras”.

Pero las proteínas tienen una propiedad distintiva: pueden adquirir formas increíblemente variadas.

Como en el origami, el arte japonés que crea figuras de formas diversas tan solo doblando papel, las proteínas adquieren sus innumerables formatos “doblando” cadena de aminoácidos que las constituyen.

Porque ni bien es fabricada en la célula –mediante la unión sucesiva de un aminoácido con otro– esa cadena lineal de “letras” empieza a doblarse y enrollarse



Representación de las interacciones entre los aminoácidos de una proteína natural. Las líneas verdes son las interacciones muy favorables para plegar esta secuencia en esta estructura. Las rojas son muy desfavorables.

En las imágenes sucesivas se muestra la superficie de los aminoácidos según su grado de frustración local.

sobre sí misma, un proceso denominado “plegado”.

Así, dependiendo de los aminoácidos que la compongan, la proteína se plegará y adoptará una estructura tridimensional particular y propia que determinará su localización y su función.

¿Por qué se pliega una proteína? Porque desde el mismo momento de su nacimiento interacciona con los componentes de su entorno, los cuales ejercen sobre ella un sinnúmero de fuerzas.

Por ejemplo, el agua que está presente a su alrededor tiene un papel fundamental en el plegado. Porque la macromolécula posee regiones que, como el aceite, rechazan el agua y buscan “escondarse” de ella. Para ocultar esas zonas hidrofóbicas, la proteína se pliega sobre sí misma y crea “bolsillos” donde guarecerlas. Al mismo tiempo, deja expuestas hacia el agua sus partes hidrofílicas, es decir, aquellas que “se llevan bien” con el agua.

Este plegado modifica la disposición de los aminoácidos en el espacio. Aquellos que originalmente estaban alejados entre sí pueden quedar muy cerca. Esta proximidad favorece la interacción entre ellos y, en consecuencia, la posibilidad de que establezcan uniones que, aunque son débiles, en conjunto suman la fuerza necesaria para plegar aun más la macromolécula.

Así pues, no existe una fuerza única responsable del plegado de la proteína, sino que dicho fenómeno depende de un conjunto de interacciones, muchas de ellas de escasa intensidad.

Aún más, en algunos casos, dos o más de estas cadenas tridimensionales plegadas pueden unirse entre sí para conformar proteínas más complejas.

Tendencia pachorra

Todo el proceso de plegado de una proteína puede ocurrir en menos de un segundo. Un tiempo que, en términos vitales, parece insignificante. Sin embargo, la gran mayoría de las reacciones químicas que ocurren en los organismos vivos suceden en lapsos menores a un segundo.

Podría pensarse entonces en las moléculas como un conjunto de entes sumamente ávidos por hacer su trabajo.

Pero, en realidad, todo lo que hacen estas partículas tiene una única finalidad: alcanzar un estado de reposo. Ese momento, si se alcanzara, sería aquel en el que las moléculas dejarían de moverse.

No es difícil imaginar que, si eso ocurriera, la vida –al menos tal como la conocemos– se acabaría.

Pero eso no sucede –al menos por ahora– porque la Tierra recibe energía solar, una parte de la cual –fotosíntesis mediante– es transferida a las moléculas que componen los alimentos. Cuando comemos, incorporamos esa energía al organismo y así evitamos que las moléculas de nuestro cuerpo consigan el objetivo de dejar de moverse, lo que llevaría a la muerte.

En definitiva, el logro máximo al que puede aspirar cualquiera de estas partículas haraganas es el de alcanzar un estado en el cual su energía sea la mínima posible.

Las proteínas son moléculas y, por lo tanto, no escapan a esta regla. Por eso se pliegan, buscando lograr la conformación tridimensional que contenga la menor cantidad posible de conflictos energéticos, es decir, aquella en la cual la molécula esté menos “tensionada”. Por ejemplo, vimos que el agua tensiona las zonas hidrofóbicas de la proteína y, entonces, la molécula se pliega para tratar de reducir esas tensiones que la agobian.

Pero esto solo explica por qué las proteínas se pliegan y no cómo llevan a cabo las innumerables funciones que sostienen la vida. Dicho de otro modo, la propiedad de plegarse no es lo único que hace que una proteína funcione.

Eternas insatisfechas

Se dice que las proteínas “respiran”. Los propios científicos utilizan ese verbo para describir el movimiento oscilatorio que efectúan estas moléculas cuando realizan alguna función. Por ejemplo, la ferritina es una proteína presente en nuestro organismo que tiene la forma de un casquete hueco dentro del cual almacena hierro para que esté disponible cuando lo necesitemos. Cuando la ferritina “guarda” a este mineral en su interior, tiene una conformación tridimensional determinada y cuando “lo suelta” adopta una conformación alternativa. Lo mismo sucede con la hemoglobina –cuando toma y cede oxígeno– y con muchas otras proteínas.

Ese movimiento “de ida y vuelta” entre dos o más conformaciones –que es lo que permite que una estructura proteica realice una determinada acción– es provocado por un estado de insatisfacción permanente que padecen estas

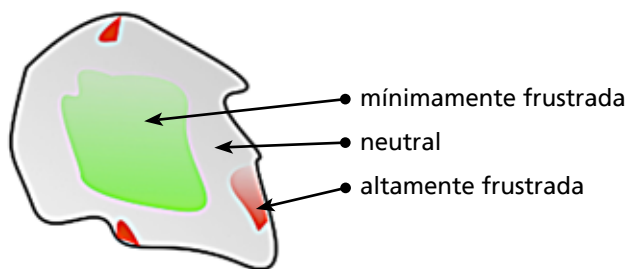


Gráfico de una típica proteína globular. Las regiones están coloreadas según el grado de frustración. Alrededor del 40% de las interacciones son muy favorables para plegar esa secuencia en esa estructura (área verde), solo el 10% son desfavorables y se agrupan en la superficie (área roja). Alrededor del 50% son neutrales y están distribuidas al azar.

proteínas, que se debe a que no consiguen alcanzar el ansiado momento de mínima energía.

Es decir, el plegado no es suficiente para lograr la deseada tranquilidad. Y esto es así porque las proteínas establecen relaciones con numerosos componentes celulares –son las moléculas de interacción por excelencia– y en esa vinculación se producen conflictos energéticos que la desestabilizan. En este contexto, la proteína “prueba” diferentes configuraciones tridimensionales tratando de alcanzar el estado de mínima energía. Pero no lo logra. A este fenómeno se lo denomina “frustración”. Un término usado originalmente por la Física para referirse a aquellos sistemas que no consiguen un estado de mínima energía en todas sus interacciones.

Así, las proteínas nunca pueden estar completamente satisfechas. Pueden contener algunas regiones con interacciones favorables, es decir, cuyo contacto con otra molécula reduce la frustración, y zonas que al interactuar con otras partículas tienen un conflicto energético –se “tensionan”– y pueden llegar a estar altamente frustradas. Una elevada frustración puede atentar contra la estabilidad de la molécula.

Frustratómetro

La frustración es un concepto útil para comprender el comportamiento biológico de las proteínas. Mediante el análisis de cómo se distribuye la energía en la molécula y la determinación de las regiones donde la frustración es alta, pueden identificarse los lugares más inestables de estas macromoléculas, que generalmente coinciden con los denominados “sitios activos”, es decir, las zonas de la proteína responsables de llevar a cabo una determinada acción.

Pero medir la distribución de la energía en estas moléculas no es tarea fácil, porque las fuerzas que actúan sobre ella son débiles y efímeras. No obstante, un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA

(Exactas-UBA) diseñó un programa de computación que permite calcular la energía total del sistema en pocos minutos.

“Es un algoritmo muy sencillo. Tanto es así que los cálculos se podrían hacer también manualmente, pero tardaríamos unos tres años para cada proteína”, comenta el doctor Diego Ferreiro, investigador del CONICET en el Laboratorio de Fisiología de Proteínas, quien es uno de los autores del programa, que está disponible para ser utilizado libremente en <http://lfp.qb.fcen.uba.ar/embnet>.

Lo bautizaron “frustratómetro”. “Empezó como un chiste y después le quedó ese nombre”, sonríe.

El programa informático posibilita, para una determinada proteína, calcular la energía total del sistema. Después, vuelve a hacer ese cálculo cambiando uno de sus aminoácidos por otro. Luego repite la cuenta mutando otro distinto y así sucesivamente hasta, si se desea, probar todas las combinaciones posibles. Finalmente, el algoritmo compara la energía total de cada uno de esos “mutantes” que se produjeron.

“Esto permite comprobar que hay lugares de la molécula en donde el cambio de un aminoácido por otro no influye demasiado en la cantidad de energía y que hay otros lugares en donde la mutación influye mucho. Allí donde influye mucho, lo que el programa también te dice es si ese cambio es o no favorable en términos energéticos”, explica Ferreiro.

En general, los resultados muestran que, en promedio, un 50% de los aminoácidos de una proteína pueden ser cambiados sin provocar efectos significativos en su conformación tridimensional, mientras que alrededor de un 40% de los aminoácidos obedecen al principio de mínima frustración, o sea, favorecen la conformación de la proteína. En definitiva, solo un pequeño porcentaje de los aminoácidos son desfavorables, es decir, forman parte de regiones altamente frustradas.

“La distribución en el espacio de esos sitios altamente frustrados no es al azar,

sino que están agrupados conformando parches que suelen corresponderse con un sitio funcional, un sitio activo, de la proteína”, señala Ferreiro, y mientras cebe un amargo, ilustra con un ejemplo: “Supongamos que este mate es una proteína. El sitio funcional sería el agujero para poner la yerba y la bombilla. El resto de la estructura tiene que ver con la función pero no de manera específica. También, lo que vemos es que la superficie del agujero está toda en una región, no está distribuida por todo el mate. De la misma manera, los aminoácidos que están en los sitios altamente frustrados, que conforman el sitio funcional de la proteína, se encuentran agrupados en una misma región del espacio, que generalmente está ubicada en la superficie de la molécula”.

Ferreiro cuenta que, en algunos casos, el análisis de proteínas con el frustratómetro reveló la presencia de parches de aminoácidos conformando regiones con alta frustración energética en lugares de la molécula que no se corresponden con el sitio funcional. “Tal vez son sitios activos que cumplen funciones que todavía no conocemos”, especula.

Motor vital

“Las proteínas tienen que ser necesariamente estables como para poder plegarse y suficientemente inestables como para poder funcionar”, dispara Ferreiro, resumiendo en una oración el difícil equilibrio que sostienen estas macromoléculas ante los conflictos energéticos que soportan permanentemente.

Se trata de un equilibrio meta-estable (así se lo llama) que es, precisamente, lo que les otorga su particular versatilidad.

Las proteínas respiran, se frustran, tienen conflictos... sin embargo no están vivas. Al menos, de acuerdo con el criterio “oficial” de vida. Porque existe un tipo de proteínas, los “priones”, cuyo comportamiento podría asemejarse al de un ser vivo.

En cualquier caso, lo que sí podría decirse es que la frustración es el motor que “le da vida” a las proteínas.

Reproducción sexual

Los avatares del sexo

El sexo no sólo ocupa un lugar importante en la vida de los seres humanos, sino que tiene un gran predominio en la naturaleza. Sólo el 1% de las especies se multiplica en forma asexual. Sin embargo, el sexo tiene sus costos. Entonces, ¿por qué tiene tal prevalencia? Existen diversas hipótesis que intentan dar una respuesta.

Susana Gallardo - sgallardo@defcen.uba.ar

Alejandro Dolina dijo alguna vez que todo lo que hace el hombre es para conseguir el amor de una mujer, lo que resume, de algún modo, el lugar no menor que ocupa el sexo en nuestras vidas. Pero el sexo también parece ser central en la naturaleza. De hecho, si no existiera, las plantas no tendrían flores, los pájaros no cantarían, los pavos reales no desplegarían sus colas majestuosas, por citar sólo algunos ejemplos.

La separación de individuos en sexos y la necesidad de unión de ambos para la reproducción resulta algo universal. De hecho, la gran mayoría de los animales se reproduce de esa manera. Sin embargo, muchos otros organismos pueden multiplicarse sin necesidad del sexo, por ejemplo, las bacterias, que llevan más de

3.500 millones de años sobre la Tierra. Lo cierto es que la forma de reproducción asexual resulta más eficaz: produce el doble de hijos en cada generación y es menos costosa para los individuos. Entonces, ¿por qué el sexo está tan generalizado? ¿Cuáles son sus ventajas?

La primera vez

No se conoce a ciencia cierta cómo comenzó el sexo hace unos mil millones de años. Pero se sabe que mucho antes, luego de que se formaran las primeras células en el océano, se inició algún tipo de intercambio genético entre ellas. Ese tipo de intercambio no está ligado a la reproducción, pues una bacteria puede intercambiar genes sin necesidad de pasar por un proceso de división celular.

Se trata de un tipo de intercambio asimétrico en que “un fragmento del genoma

se transfiere de un individuo donante a uno receptor”, indica la doctora Marcela Rodriguero, investigadora del CONICET en el Departamento de Ecología, Genética y Evolución (EGE), de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA (Exactas-UBA). Este proceso acontece en las bacterias, por ejemplo a través del mecanismo de conjugación, en que dos células procariotas (sin núcleo) entran en contacto y una le transfiere a la otra un fragmento de genoma que generalmente es beneficioso para el receptor, porque le puede conferir la resistencia a un antibiótico, o la capacidad de producir nuevos compuestos.

Una actividad costosa

A ese intercambio asimétrico de genes, que se da en organismos procariotas, se le unió la sexualidad en eucariotas





(células con núcleo), hace unos 1000 millones de años. En este caso, la sexualidad está ligada a la reproducción y es necesario un proceso de división celular como la meiosis. Así, el número de cromosomas se divide en dos, y cada una de las células hijas, con la mitad de su dotación genética (haploide), puede unirse a una célula haploide de otro individuo y generar una célula nueva, con la dotación completa. Este sistema garantiza una variedad genética grande en cada generación.

Ahora bien, la reproducción sexual es mucho más costosa para los individuos. Rodríguez detalla: “Por un lado, están los costos vinculados al apareamiento, pues muchas especies deben invertir tiempo y energía para conseguir una pareja. Por otro lado, la reproducción sexual es más lenta, y durante el apareamiento disminuye la capacidad de conseguir recursos y evadir a los predadores”. Y agrega: “La cópula también introduce otros riesgos, como la transmisión de enfermedades venéreas”.

Además, la productividad por individuo se reduce a la mitad. “En los organismos sexuales, la unidad de reproducción es la pareja, mientras que en los asexuales, la unidad es el individuo”, señala Rodríguez. En las especies sexuales la población consiste en dos sexos, y sólo uno de ellos es capaz de generar descendencia, mientras que en las asexuales todos los miembros de la población pueden multiplicarse. Esto implica que, en cada generación, una población asexual puede crecer más rápidamente. El biólogo británico John Maynard Smith se refirió a ese hecho como “el doble costo del sexo”, que se refiere al mayor gasto que implica producir machos.

Por último, existe un riesgo asociado con la mezcla aleatoria de los genes propios con los de otro individuo. “La recombinación rompe los grupos de genes que resultaron favorables y se fueron acumulando por selección”, indica la investigadora.

La Reina Roja y otras hipótesis

Los costos que entraña la reproducción sexual llevaron a muchos investigadores

a proponer teorías para explicar el porqué de su origen, prevalencia y mantenimiento en la naturaleza. “Se han planteado unas veinte hipótesis, algunas muy elaboradas y otras absurdas”, opina Rodríguez.

El surgimiento de la meiosis se atribuyó, primero, a la necesidad de reparación del ADN. En sus formas primitivas el sexo podría haber favorecido la supervivencia de organismos que tenían daños en su ADN. Al obtener una hebra complementaria, se disponía del molde para reparar el daño.

Otra de las hipótesis es la de la Reina Roja, que afirma que el sexo surgió como defensa de los organismos vivos ante la amenaza de los parásitos. El nombre procede de un episodio de *Alicia tras el espejo* en el que la Reina Roja le explica a Alicia que, para permanecer en el mismo sitio, tiene que correr a toda velocidad. Dado que los parásitos siempre están desarrollando nuevas formas de atacar a sus potenciales huéspedes, éstos deberían evolucionar muy rápido para evitar ser invadidos. De este modo, al mezclar los

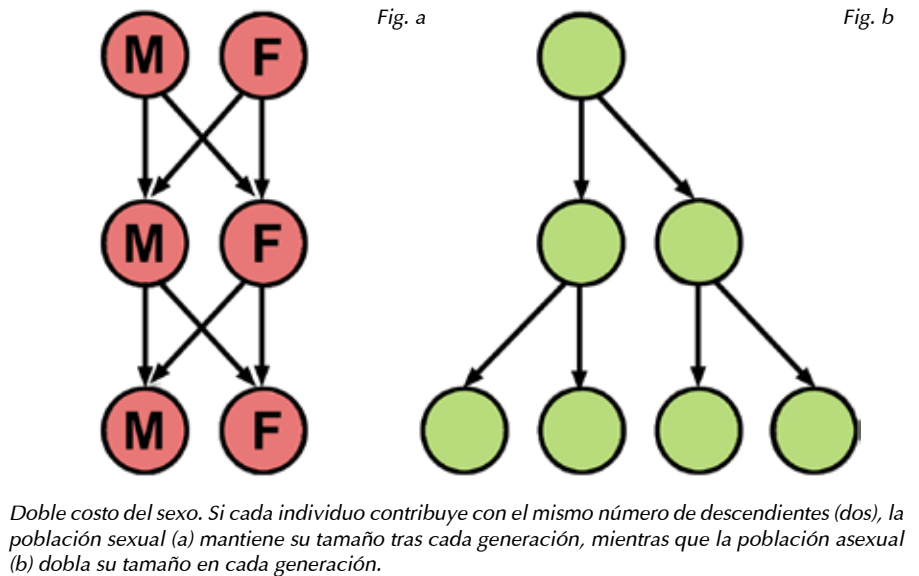
genes de un individuo con otro surge un nuevo individuo, totalmente desconocido por los parásitos.

Según esta idea, los organismos que no se reproducen en forma sexual sucumbirían bajo las garras de los parásitos. Pero toda hipótesis siempre encuentra su contrajemplo. Es el caso de los rotíferos *Bdelloidea*, organismos acuáticos microscópicos que habitan en estanques, ríos y zonas húmedas, y se han dado el lujo de vivir completamente castos durante los últimos 80 millones de años. Se multiplican produciendo huevos que son clones genéticos de la madre, ya que no existen los machos. Los parásitos no pudieron con ellos. Debido a ese celibato tan persistente, esta especie fue considerada como un “escándalo evolutivo”.

También se propuso la hipótesis de las burbujas libertinas. Es el término que acuñó Thierry Lodé, un biólogo de la Universidad de Rennes, Francia. La idea es que el intercambio genético entre dos organismos se habría originado en un arcaico proceso de transferencia horizontal de genes, en la superficie del océano, entre burbujas prebióticas, de las cuales habrían surgido las primeras células vivas. Esas burbujas habrían comenzado a intercambiar material, y las que practicaban esa permuta lograron la renovación genética que favorece la variación adaptativa, es decir, cambios que permiten que un organismo pueda adaptarse a los cambios en el ambiente. Si la teoría de las burbujas libertinas es cierta, el sexo no sería más que una interacción primitiva, y mucho más antiguo de lo que se cree.

Ejércitos de vírgenes

Algunas especies que se reprodujeron en forma sexual a lo largo de millones de años un buen día decidieron cambiar de método y multiplicarse sin la ayuda de los machos. Es lo que se denomina partenogénesis (del griego *parthenos*: virgen). Estas especies producen huevos que pueden desarrollarse sin necesidad de fertilización o de la fusión de los núcleos de las gametas femenina y masculina.



El uno por ciento de las especies del planeta ha elegido esta forma de reproducción, que es frecuente entre las plantas, y fue comprobada en unas ochenta especies de vertebrados de sangre fría (algunos peces, anfibios y reptiles), y en numerosos grupos de invertebrados, como gusanos, caracoles, lombrices de tierra, bichos bolita e insectos. La familia de animales con mayor número de especies asexuales es *Curculionidae*, que incluye a gorgojos, picudos y taladrillos.

Lo cierto es que las poblaciones asexuales pueden colonizar nuevos ambientes a partir de una sola hembra. “En tres especies de gorgojos, que pertenecen al género *Naupactus*, y cuya área de distribución nativa se encuentra en la selva misionera, observamos que se han expandido hacia la región pampeana, e incluso, se encuentran hoy en muchos países en el mundo, en regiones distantes, donde se han convertido en plagas importantes”, relata la doctora Viviana Confalonieri, profesora e investigadora del CONICET en el Departamento de Ecología Genética y Evolución, de Exactas-UBA.

El predominio del sexo

El predominio de la reproducción sexual se atribuye principalmente a la variabilidad genética aportada por el intercambio recíproco de genes. En ese sentido, la ventaja del sexo residiría en el surgimiento de combinaciones de mutaciones beneficiosas, de modo que dos mutaciones diferentes en dos individuos distintos y en diferente ubicación del mismo cromosoma pueden aparecer juntas en la descendencia.

La variación genética es crucial, pues sin ella no hay evolución. Las dos fuentes

principales de variación son la mutación y el sexo. Las mutaciones, o cambios al azar de la información contenida en los genes, surgen de los errores producidos en la maquinaria celular encargada de copiar el ADN, y generan nuevos genes. Por su parte, el sexo produce nuevas combinaciones de genes ya existentes y genera materia prima para la evolución. Por un lado, la meiosis permite la recombinación de genes y la segregación al azar de los cromosomas homólogos. Por otro, la fecundación hace que se combinen dos genomas diferentes.

“En la meiosis, nos podemos librar de los cromosomas que llevan una variante perjudicial”, afirma el doctor Esteban Hasson, investigador en el Departamento de Ecología, Genética y Evolución de Exactas-UBA, y destaca: “Un concepto fundamental es que sexo es igual a recombinación, es decir, nuevas combinaciones de genes que favorecen la variación adaptativa, la cual es más difícil en los organismos asexuales”.

Cuando aparecen linajes asexuales, una determinada combinación de genes queda congelada. Para que ocurra variabilidad, y así poder hacer frente a un cambio ambiental, tiene que haber una mutación. “Uno podría pensar que una especie que adquiere reproducción asexual, tiene una combinación genómica que pasó por el filtro de la selección natural, y constituye una adaptación al medio imperante”, sostiene Hasson, y prosigue: “Pero si el ambiente cambia a lo largo del tiempo, estos organismos clonales no disponen de la variabilidad suficiente para hacer frente a esos cambios”.

En una población asexual, si en un individuo aparecen mutaciones perjudiciales,



CASTIDAD Y NUEVAS ESPECIES

La reproducción asexual les permite a algunos organismos, como los gorgojos, colonizar nuevas regiones con mucha facilidad. Pero lo sorprendente es que estas poblaciones asexuales también pueden diversificarse y dar lugar a nuevas especies.

Las doctoras Viviana Confalonieri, Marcela Rodriguero y Noelia Guzmán, investigadoras del CONICET y docentes en Exactas-UBA, y Analía Lanteri, investigadora del CONICET en la Universidad de La Plata, hallaron diferentes linajes de gorgojos asexuales, que son plaga de cultivos, y podrían originar nuevas especies.

¿Cómo saber si dos linajes conforman diferentes especies? En organismos de reproducción sexual, basta ver si se pueden cruzar. Si hay reproducción entre individuos de diferentes linajes, y la descendencia también puede reproducirse en forma sexual, esto significa que se trata de la misma especie.

El problema es cómo comprobar si hay especies diferentes en poblaciones que se multiplican en forma asexual. En el caso de los gorgojos, las investigadoras se basan en el concepto filogenético de especie, que consiste en encontrar un conjunto de organismos que poseen un antepasado común y que puede ser distinguido de otros conjuntos de organismos, según explica Confalonieri.

Rodriguero analizó, en cada uno de los linajes, secuencias de ADN del núcleo así como de la mitocondria, y buscó si la diversidad genética hallada en cada una de esas unidades tenía un antepasado común más reciente que con respecto a la otra unidad biológica. “Hacemos un árbol evolutivo, y vemos si puede haber un antepasado común a los individuos que conforman cada uno de los tres linajes”, explica, y prosigue: “En este caso, tenemos tres subgrupos de individuos (clados), que se unen muy atrás en el tiempo evolutivo”.

Los resultados indican que esos linajes estuvieron separados durante aproximadamente 200 mil años. “Es poco tiempo para la formación de una nueva especie, pues, en general, ese proceso puede llevar un millón de años, o más”, afirma Confalonieri.

El hecho de haber hallado la variación en la mitocondria y no en el núcleo indica que el proceso se encuentra en una etapa muy temprana, pues, si hay cambios en el ADN del núcleo, todavía son casi indistinguibles; por eso, todavía no se observan morfologías diferentes.

¿Por qué se separan los linajes? “Podría deberse a factores ecológicos, por ejemplo, cada grupo se adapta a un ambiente diferente, y se empiezan a separar porque tienen requerimientos distintos. Aunque también podría deberse al aislamiento geográfico. Ambas posibilidades dejan su huella en el ADN”, concluye Confalonieri.

todos sus descendientes –idénticos– las heredarán. Y éstas se irán acumulando. “Llega un momento en que los cromosomas con mutaciones favorables estarán en una frecuencia tan baja, que se pueden perder por azar. A lo largo del tiempo, los cromosomas se van convirtiendo en un sumidero de variantes perjudiciales, lo que puede llevar a la extinción. Algunos autores lo llaman deterioro mutacional o *mutational meltdown*”, explica el investigador.

Lo barato sale caro

El sexo es caro y peligroso. Tal vez por eso, algunos organismos que lo disfrutaron, lo han abandonado. Es el caso de varias especies de gorgojos que se multiplican por partenogénesis y ello les brinda la ventaja de colonizar con rapidez nuevas áreas. Otro tanto sucede con especies de peces, anfibios y reptiles. Pero, tal vez, desde el punto de vista de la evolución, abandonar el sexo sea una mala decisión, porque sólo produce ventajas en el corto plazo. Según las investigaciones, los linajes asexuales no alcanzan edades comparables a las que logran los que se reproducen en forma sexual. Es decir, lo barato, a la larga, sale caro.

La prevalencia casi universal del sexo indica que no somos seres de reproducción sexual porque sí. “Si el sexo está tan extendido en la naturaleza, es porque hay alguna fuerza selectiva que lo mantiene, y con ello nos puede estar confiriendo algún beneficio, más allá de sus costos, pero nadie logró descifrar todavía cuál es ese beneficio”, sostiene Rodriguero.

Y argumenta: “El hecho de proveer variabilidad no basta para explicar la prevalencia del sexo, porque eso significaría que la selección natural ‘ve’ el futuro”. Y concluye con una pregunta: “La variabilidad es buena para enfrentar cambios ambientales, pero ¿cómo se selecciona la capacidad de adaptarse a algo que va a pasar en el futuro?”

Mientras que las bacterias, que vivieron 3500 millones de años en la mayor castidad, no experimentaron grandes cambios, los que optaron por el sexo, hace alrededor de mil millones de años, lograron evolucionar rápido, porque disponen de una mayor fuente de variabilidad. Así se volvieron sumamente complejos, pudieron caminar, saltar, volar, nadar, así como hablar, pensar, amar y producir arte y ciencia. Que no es poco.

Eduardo Rapoport

De la naturaleza a su mesa

El biólogo Eduardo Rapoport nació en Buenos Aires, se graduó en la Universidad de La Plata donde también obtuvo su doctorado en 1956. Los vaivenes políticos lo empujaron por un largo periplo con varias idas y venidas, acompañado siempre por un crecimiento científico y un reconocimiento en aumento. Descubrió decenas de especies nuevas y desde hace 20 años que trabaja en el estudio de malezas comestibles, a las que denomina “buenezas”.

Ricardo Cabrera - ricuti@qi.fcen.uba.ar

Rapoport pasó también por la Universidad del Sur en Bahía Blanca, el Instituto de Zoología Tropical en Venezuela, la Fundación Bariloche, el Instituto Politécnico Nacional de México y finalmente por la Universidad Nacional del Comahue, de la que es profesor emérito, también es investigador del CONICET. Se inició en la biología como filósofo y como taxónomo.

Durante la revolución molecular, los estudiantes de Biología veían a los taxónomos como meros coleccionistas...

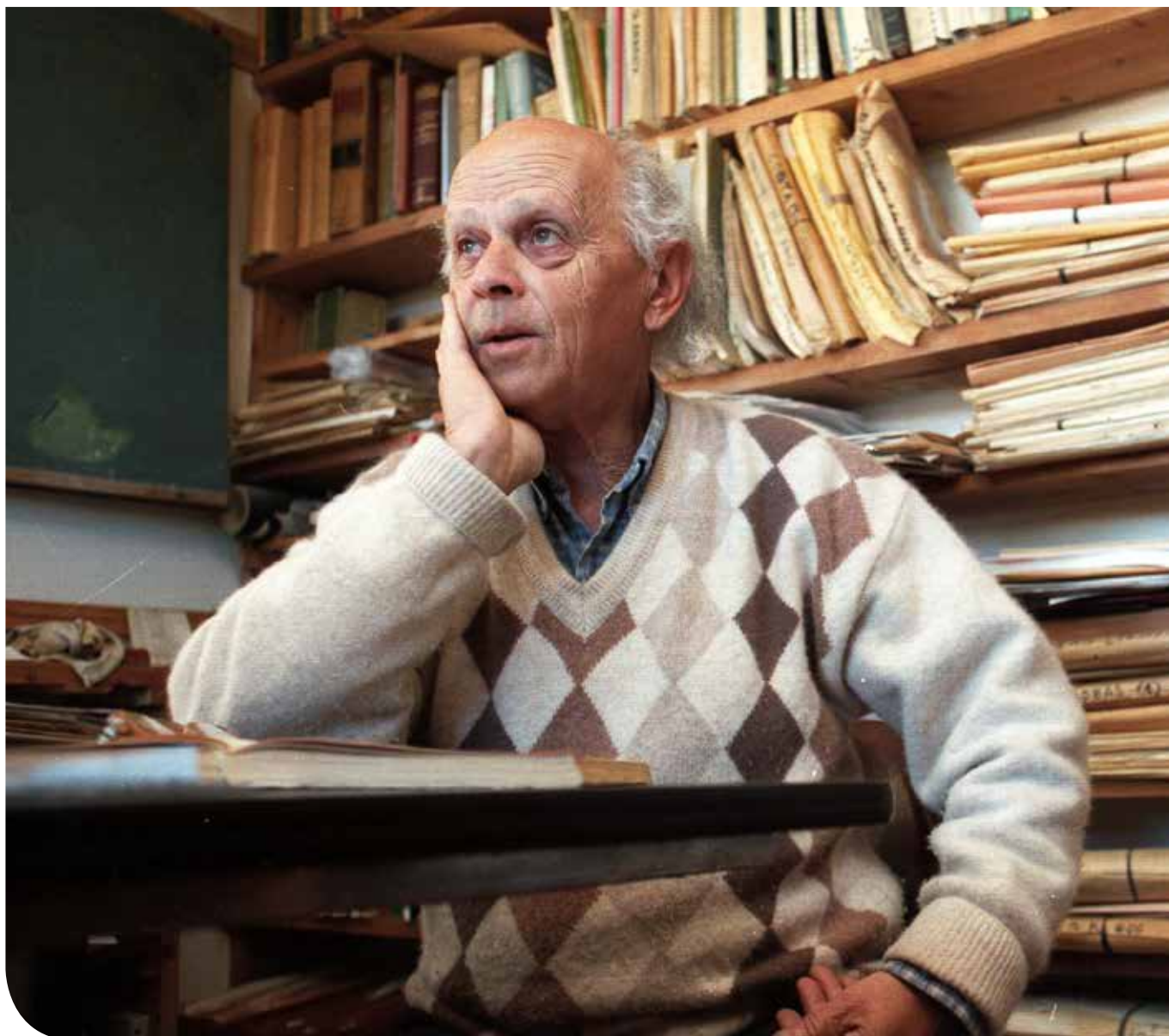
Es totalmente cierto. Con seguridad éramos simplemente eso: coleccionistas. La mayoría de los biólogos del CONICET eran taxónomos, pero también anatomistas y evolucionistas, y su mayor vinculación estaba en los

museos. Pero la biodiversidad tiene su lógica, y sus inferencias. Empecé estudiando unas pequeñas avispas, pero ese tema fracasó: cuando tomé el tema desaparecieron las avispas. La Ley de Murphy ya existía en esa época. Entonces me dediqué a estudiar el proceso de humificación de los suelos y a comprender cómo viven y se alimentan los organismos y al mismo tiempo van generando el humus.

La deriva científica de Rapoport lo explica: su inicio como taxónomo lo llevó a la ecología (sobre todo, la ecología de los suelos), luego a la ecología geográfica y a la biogeografía. Sus principales logros se inscriben en la ecología de especies invasoras, ecología urbana, y su tema más reciente, el estudio de los yuyos comestibles.

Ya desde hace 20 años venimos trabajando en un asunto que tiene tanto de

práctico como de académico, el estudio de las malezas comestibles (que bien podríamos llamar *buenezas* en lugar de malezas) que pueden ayudar a paliar, en parte, el hambre del mundo. La palabra yuyo deriva del quechua y significa planta comestible, hortaliza. Las primeras mediciones que hicimos en Bariloche nos dieron que podíamos extraer alrededor de una tonelada de comida por hectárea. Por hectárea improductiva, por manzana de terreno baldío o por banquina, campo abandonado, huerto (fuera de las cultivadas), jardín, calles suburbanas, etcétera. A medida que avanzaron los estudios encontramos que el rendimiento potencial era mucho mayor. Llegamos a calcular siete toneladas por hectárea, y eso es fenomenal. La gente tiene ahí, al lado de su casa, la comida esperándola y sólo tiene que saber encontrarla.



Diario Río Negro

Aunque la realidad mundial es que la población es cada vez más urbana...

Es cierto, pero la población rural también puede padecer hambre. Posiblemente las malezas comestibles no resuelvan el problema del hambre en el mundo, pero tal vez se trate de un paliativo significativo sobre todo porque interesa a uno de los segmentos poblacionales que más lo necesita. En los espacios periurbanos y rurales se sitúa una población muy carenciada a la que este asunto le interesa. He pasado unas tardes muy placenteras llevando este conocimiento a escuelas. A los chicos les encanta aprender a reconocer las plantas comestibles. Hemos preparado algunas recetas de cocina, nos divertimos, y volvemos a casa con la panza llena. Las maestras también se entusiasman. Lamentablemente, en cambio, las autoridades educativas no son receptivas a estos emprendimientos.

Volvamos a la academia. A la biogeografía y a la ecología, en general, les está faltando atender el problema del crecimiento poblacional.

Efectivamente, hay ahí un silencio preocupante. Los científicos deberían hacer oír su voz para advertirle a los gobernantes que el crecimiento poblacional a nivel mundial nos lleva a la catástrofe. A veces siento como que estamos en un bote y nos dejamos llevar por un río que nos lleva a una catarata mortal... y que nadie en el bote dice nada. Nosotros sabemos lo que hay río abajo. Yo, por suerte, no lo voy a ver a mis 86 años. Pero sí: tenemos que decirlo. Es muy curioso que sea un tema ausente en casi toda la investigación en ecología. Aunque hay algunas voces de alarma muy sagaces; por citar alguna, le recomiendo el libro de Jared Diamond *Colapso*, basado en el estudio de algunas islas

del Pacífico, que muestra palmariamente cómo el crecimiento poblacional deriva en la autodestrucción de los pueblos. Es tan bueno como sus anteriores *El tercer chimpancé* y *Armas, Gérmenes y Acero*.

Libros con un fuerte encuadre evolutivo...

Se trata de un claro ejemplo del desbarajuste biológico que acarrea el crecimiento de la población mundial. El pobre Darwin debe estar revolviéndose en su tumba. Mezclas de biotas ocurrieron muchas veces en la historia geológica, pero en tiempos evolutivos, en tiempos muy largos. El ser humano está acelerando terriblemente estas mezclas y las consecuencias son siempre desagradables: extinciones masivas. En la actualidad estamos mezclando el mundo entero. Antes de recalar en Bariloche trabajé sobre este asunto en

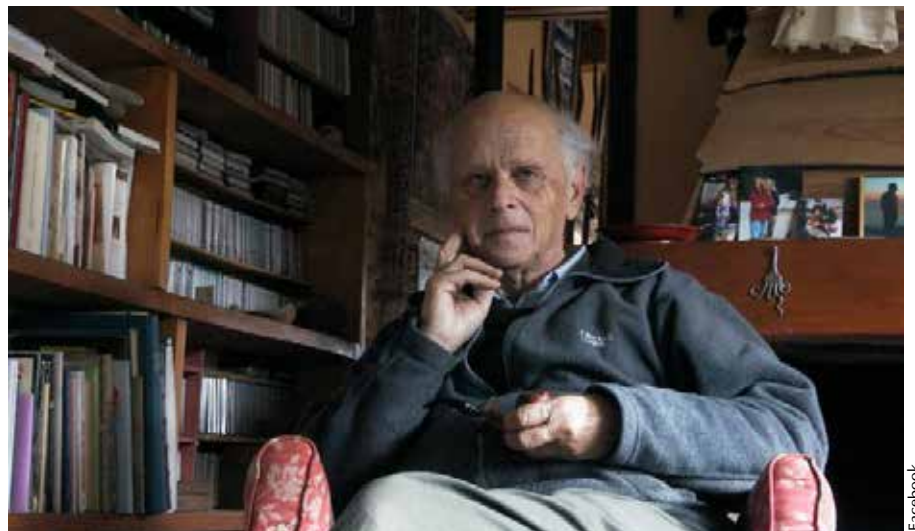
LIBROS Y ESCULTURAS

Eduardo Rapoport es un biólogo que encarna en sí mismo el concepto de *biodiversidad*. Sus investigaciones lo han llevado a catalogar cientos de especies de malezas con propiedades nutricionales que las hacen comestibles. Estos resultados han sido publicados en forma de libros que pueden consultarse gratuitamente en su página web (*), en los que hay, no solo características de estas "buenezas" sino también recetas y recomendaciones.

(*) <http://www.eduardorapoport.com.ar>



Su inquietud natural lo ha llevado también por los caminos del arte a realizar esculturas inspiradas en plantas (que recorrieron lugares como Venezuela, México y la Argentina). Estas esculturas son modelos a escala pensados para ser reproducidos en mayor tamaño y destinarlas a grandes espacios arquitectónicos



Facebook

el Jardín Botánico de Londres... ahí creo haber convencido a bastante gente. Ya en Bariloche me dediqué al estudio de las invasiones de especies exóticas –especialmente plantas–, de dónde vienen, cómo se distribuyen, qué es lo que producen.

Pero las invasiones no sólo traen aparejados perjuicios, es probable que aparezcan de vez en cuando beneficios.

Es cierto –a veces impensados– aparecen beneficios. Con la ayuda de tres becarias: Ana H. Ladio, Estela Raffaele y Luciana Ghermandi (ya tienen todas la categoría de Investigador Independiente), nos dedicamos a estudiar cuánta comida silvestre hay por hectárea urbana y periurbana. A ese valor que le comenté antes (un promedio de 1,3 toneladas de alimento y hasta 7 de máximo por hectárea) llegamos persiguiendo fundamentalmente a las exóticas. Este trabajo lo hicimos paralelamente en México, con Martha Díaz-Betancourt e Ismael López-Moreno, y allá los números eran mayores: 2 toneladas de promedio y 10 de máximo. Pero fíjese que esos tuyos uno los corta –y se los come– y después vuelven a crecer. Y se pueden hacer hasta tres cosechas por año. Haga las cuentas.

Todo un número como para dejarlo tirado en el jardín. De modo que el conocimiento de la biota tiene un correlato económico que no hay que desatender. ¿Digo bien? ¿Hay un conflicto irresoluble entre conservación y desarrollo económico?

Si se trata de un desarrollo sustentable no hay conflicto. Por otro lado, si no reservamos áreas naturales, perdemos riquezas genéticas fenomenales que podrían servirnos para el futuro de la humanidad. En 1999 hice una estimación de lo que perdimos en la Provincia de Buenos Aires

con la introducción de vacas y caballos cimarrones europeos: perdimos entre 1.700 y 2.300 especies de plantas, y de ellas la cuarta parte eran comestibles. Y aparte están las medicinales e industriales... y también las ornamentales.

¿Cómo percibe al sistema científico argentino en la actualidad?

Yo creo que ha mejorado notablemente. Yo mismo me quedo sorprendido. Argentina aparece en las mejores revistas internacionales de biología. Imagínese que en mis comienzos yo tenía que hacer investigación en el galpón de mi casa. Hoy en el Laboratorio Ecotono, en un edificio nuevo, trabajan más de 60 personas. El progreso fue enorme. También lo percibo en el Centro Atómico de Bariloche, en el INVAP, en la propia Universidad de Río Negro... El crecimiento en los recursos para la ciencia y la investigación es muy notorio.

¿Y cree que la población en general acompaña este crecimiento?, ¿lo ve con buenos ojos?

Es impresionante cómo ha progresado la conciencia ambiental de la gente. Cuando empecé y contaba que yo era ecólogo, me repreguntaban: eco... ¿qué? Eso ahora es impensable, y además hay mucha gente interesada en el ambiente y en el estudio. Lo mismo digo de otras cuestiones, como por ejemplo que ya nadie me pregunta: ¿pero usted realmente cree que descendemos de los monos? Al menos entre la gente con la que me rodeo o tomo contacto ya no existen esas desinteligenacias. Yo puedo expresar libremente mis ideas (soy declaradamente no-creyente) y todos lo toman con absoluta racionalidad y naturalidad. No tengo que pelearme con nadie y nadie me manda a la hoguera. |



¿Cómo acercarte a la ciencia en tres pasos?



1 visitá

Noticias Exactas en <http://noticias.exactas.uba.ar>

2 sumate

a <http://facebook.com/NoticiasExactas> para recibir todas las novedades



3 seguinos

por Twitter a través de [@noticiaseexactas](https://twitter.com/noticiaseexactas)



noticias.exactas.uba.ar

el servicio de información científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

La cachetada del infinito

¿Qué está pasando allá arriba? Esta fue una de las preguntas que obsesionó desde chico a Sergio Paron, doctor en física de Exactas, y a las que hoy intenta dar respuesta desde el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE). Para su trabajo hace observaciones en distintos centros astronómicos. En esta nota, cuenta cómo es un día laboral en contacto con el Universo.

Cecilia Draghi - cdraghi@de.fcen.uba.ar
Fotos: Sergio Paron



Sergio Paron en el desierto de Atacama.

San Pedro de Atacama parece perdido en el tiempo. Sus casas de adobe y sus callecitas dan vida a este pueblo de unos pocos miles de almas, considerado la *capital arqueológica* de Chile, que reúne rastros de la presencia humana por esos lares desde hace once mil años. Estas huellas de los antepasados del hombre hoy conviven con científicos de todo el mundo que viajan a este desierto –que parece de otro planeta–, para entender algo más del cosmos. Este poblado, donde es posible ver a pastores con sus rebaños de llamas u ovejas, es la antesala y parada obligada para escalar al Universo con un equipamiento que parece traído del futuro. Es que a unos kilómetros de allí se erige el mayor proyecto astronómico del mundo, conocido por su sigla en inglés: ALMA. También, entre otros observatorios –que como atalayas otean el espacio–, se halla el Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE), ubicado a casi 5000 metros de altura, lo más cerca posible del cielo. Allí fue por primera vez a realizar su trabajo experimental Sergio Paron, doctor en Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Ahora, sentado en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, UBA-CONICET), donde a diario estudia “el medio interestelar, más que nada de nuestra galaxia”, Paron recuerda la sensación que tuvo en 2008 cuando fue hasta Atacama para hacer uso del radiotelescopio japonés ASTE. “La primera vez fue bastante inquietante en el sentido de que siempre trabajé con los datos que me aportaban otros. Y ahí pensé: estos son datos que estoy adquiriendo yo. Yo hice mi propuesta de observación, un comité evaluador lo aprobó, viajé y sentí que por primera vez me conectaba directamente

con lo que estaba investigando, con esa nube molecular que había visto en los libros y había estudiado para hacer mi tesis”.

Tras sortear los numerosos pasos académicos para obtener el pasaporte a hacer uso de esta aparatología millonaria, Paron había logrado llegar a la meca de la radioastronomía internacional y estaba en el lugar más cercano posible de su lejano objeto de estudio. Él estaba en “contacto directo con algo que está a miles de años luz de distancia. Un fotón, la radiación que está viajando desde hace miles de años y recién llega a ese telescopio (ASTE). El sentimiento es el de estar viendo algo de los confines de la galaxia, pero incluso algo que surgió en el pasado, hace muchísimo, cuando quizás ni siquiera la humanidad estaba poblando el planeta Tierra”, relata, y enseguida agrega: “Te genera una sensación extraña”.

Sin duda, una conmoción muy interna, visceral y hasta existencial, mezclada con una profunda pasión por la física y a su obsesión por conocer, lo lleva a dar otro paso. Y esa “sensación extraña”, como él explica: “Luego se transforma. Una vez que tengo los datos, quiero volver a mi casa, a mi oficina y procesarlos”. Y así pasará horas y horas frente a su computadora intentando descifrarlos.

Espías diferentes

En una habitación de un hostel en San Pedro de Atacama acondicionada por los científicos japoneses como centro de operaciones del telescopio, Paron hace uso del turno observacional concedido por ASTE tras los trámites de rigor. El cuarto no es muy grande y fundamentalmente encierra computadoras



Complejo astronómico El Leoncito (CASLEO)

conectadas con el radiotelescopio ubicado a unos kilómetros de allí. El aparato que capta lo que se busca del Cosmos es similar a una antena de televisión digital que puede verse en cualquier hogar, pero su plato tiene una circunferencia de unos 20 metros de diámetro.

Paron no está solo en la sala frente a un monitor, sino que además de otros investigadores provenientes de las más variadas latitudes, se encuentran los asistentes de ASTE, quienes ayudarán a apuntar la antena hacia el rincón del cielo que desean explorar. La jornada de trabajo es larga: comienza a las 18 y sigue hasta las 6 del día siguiente. “Este telescopio, si bien puede observar de día, ya que trabaja con ondas de radio, tiene un problemita con la radiación del sol que deforma un poco el plato, entonces trabaja de noche”, explica. Esta característica no desvela a los científicos del National Astronomical Observatory of Japan, a cargo de ASTE. “Ellos lo manejan a control remoto desde Japón y por la diferencia horaria les conviene, porque cuando allá es de día, acá es de noche”, añade.

En vivo y en directo, en uno de los lugares más secos del planeta, Paron y otros científicos, tienen por delante una ventana al Cosmos: un monitor, que mostrará gráficos más parecidos a un electroencefalograma, que a cualquier imagen estelar. “En la pantalla –describe– aparece la formita del espectro, que se traduce en un dibujo de la emisión de las moléculas, la energía que va recibiendo la antena. En ese momento, uno puede empezar a tirar ideas y a anticipar el *paper* (el trabajo de investigación) que luego uno va a escribir”.

SENSACIONES EN ATACAMA

Así tituló en su diario personal Sergio Paron cuando por primera vez cumplió su ansiado sueño de acceder al observatorio japonés situado en el desierto chileno, el ASTE. Esto ocurrió en 2008 y aquí va lo que escribió en esa ocasión:

“Largas madrugadas de ojos abiertos me asaltaron en esta visita al norte chileno; figuras recortadas en la oscuridad se dibujaron esa primera noche, donde el frío del nerviosismo y la curiosidad se conjugaron en un cielo muy repleto de estrellas.

Un amanecer por la tarde trajo vientos cálidos junto a un sol implacable que pega en las casas de barro. Nuevamente puedo experimentar en soledad ecos de culturas extintas que hoy se mezclan en una torre de Babel que visita este pueblo.

Nunca estuve tan conectado con las lejanías del Universo. A través de una pantalla, por las madrugadas obtengo esa información, y nuevamente la cachetada del infinito me pega en este pueblo de barro.

Noticias del cosmos, trascendencias, otras vidas, y vidas que voy conociendo y que se mezclan por un instante con la mía no hacen más que hacerme sentir la vida en todas sus formas, esto es, la música, la poesía, el conocimiento y eso que nunca lograré explicar...”

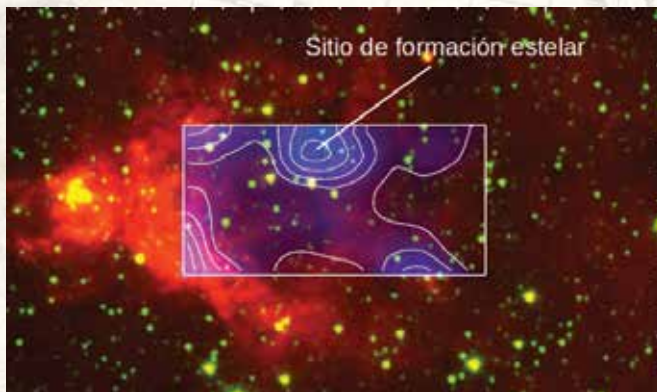


Instituto de Astronomía, Universidad de Tokyo.

Telescopio ASTE (Atacama Submillimeter Telescope Experiment)



Centro de operaciones del ASTE y su operador.



Este tipo de imágenes (obtenidas por el satélite Spitzer) permite a los investigadores ver la distribución del gas molecular y estimar masas, densidades y temperaturas de una región de formación estelar que se encuentra aproximadamente a 10.000 años luz de distancia.

Muy distintas, en cambio, resultan las observaciones en el Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO) en la provincia argentina de San Juan. “Esto es lo más parecido al telescopio tradicional que uno imagina, donde se apoya el ojo para mirar. No se pone el ojo y se mira, sino que –aclara– uno observa una pantalla de una computadora, que ve exactamente lo que vería tu ojo si hubiera un agujerito para ponerlo”.

Allí estuvo, en junio de 2012, Paron durante cinco días. “Dos de las noches no se pudo trabajar porque resultaron totalmente nubladas, y ahí no es como en el radiotelescopio, donde las nubes no importan”, precisa, quien a la hora de disfrutar el espectáculo estelar prefiere hacerlo cara a cara sin ningún instrumento de por medio. Seguramente, estar a la intemperie en el campo sanjuanino, con los Andes como telón de fondo, y contemplar en un silencio abrumador un tapiz de estrellas, permite captar la sensación de “tocar el cielo con las manos”. “El cielo de noche de San Juan es alucinante. Se ve la Vía Láctea y para mí lo más emocionante no es ver las cosas brillantes, sino las cosas más oscuras, que son las nubes moleculares, que no emiten luz. La gente del siglo pasado pensaba que eran agujeros en el cielo, lugares donde por alguna razón no había estrellas. Entonces, se empezó a

pensar que debía haber otras cosas y arrancó el estudio del medio interestelar”, relata.

Nace una estrella

El medio interestelar es al que Paron, investigador del CONICET, no quita la mirada desde hace años, tras aprobar con diez su tesis doctoral dirigida por Gloria Dubner, actual directora del IAFE. “El medio interestelar –explica– es el medio que está entre las estrellas. Éste pareciera ser un medio vacío pero está lleno de material que se junta en nubes, llamadas nubes moleculares. Todo ese material –por distintas turbulencias o movimientos dentro de la galaxia– puede colapsar en distintos grumitos. Y esos grumitos dan lugar a estrellas o sistemas de estrellas”.

Él sigue de cerca a las estrellas, desde cómo nacen, cómo interactúan con esa nube molecular, hasta que explotan y se convierten en supernovas. ¿El remanente de supernova genera nuevas estrellas? “Esa es una de las grandes preguntas que no está del todo bien probada. Y es una de las preguntas a las que apunto en mi investigación. ¿Cómo esas energías terribles que se liberan cuando explotan las supernovas pueden disparar el proceso de colapso del gas de las nubes moleculares para formar una nueva generación de estrellas? En principio, uno supone que la supernova es algo destructor, es imposible que genere algo nuevo, rompe todo lo que encuentre en su camino. Pero a cierta distancia, cuando las energías son más bajas, quizás se den las condiciones para que ese frente de choque que llega de esa explosión de supernova, pueda disparar el colapso de material para generar nuevas estrellas”, plantea.

Qué ocurre allá arriba es algo que inquietó a Paron desde que tiene memoria. “A los siete años quise hacer un libro de astronomía, dibujaba las estrellas con las cinco puntitas y decía que tenían polvos fosforescentes y por eso se veían. Fueron mis primeros trabajos, y aún los debo publicar. Debo ver si alguna revista científica me los acepta”, bromea.

Fanático de Carl Sagan, sus libros *Cosmos*, *Un punto azul pálido* y *Contacto*, lo acompañaron desde chico en la mesita de luz, donde descansaban de su lectura mientras él soñaba entender qué está pasando allá arriba. Hoy, a los 37 años, todos los días despierta haciendo realidad su sueño. | =

El origen de las Leyes de Mendel

Tomando el té con arvejas

Contrariamente a lo que muchos suponen, los escritos de Mendel, para algunos el fundador de la genética, nunca figuraron en los anaqueles de la biblioteca de Darwin, ni influenciaron sus posteriores teorías acerca del origen de las especies. Transitamos en este artículo el intrincado camino de las famosas *Leyes de Mendel* hasta sus verdaderos orígenes.

Andrea Truffa - andytruffa@yahoo.com.ar

Cuenta la leyenda, esa que circula en ámbitos académicos y que se escribe en los libros, que allá por el siglo XIX existió, en un monasterio de la actual República Checa, un hijo de campesinos que sentó las bases de una nueva ciencia. Este religioso enunció dos leyes que permitirían explicar cómo y por qué se heredan los genes que determinan cada una de las características que poseemos. Ese hombre fue Johann Gregor Mendel, un monje solitario, un incomprendido de su época que se dedicaba a cosechar, cruzar y analizar plantitas de arvejas. Cuenta esa misma leyenda que fue ignorado por décadas hasta que algunos científicos (de forma independiente) llegaron a los mismos resultados que él y, tras leer sus trabajos, decidieron atribuirle las llamadas “Leyes de Mendel”. Desde entonces, nuestro monje fue reconocido como el fundador de una nueva especialidad: la genética.

Casi contemporáneo a Mendel, vivió en Inglaterra el naturalista más reconocido de todos los tiempos: Charles Darwin, autor del famoso libro *El origen de las especies*, en el que plasmó una de las teorías más influyentes en la historia de la biología. Generó adeptos, odios y pasiones. De algún modo, cambió la forma de



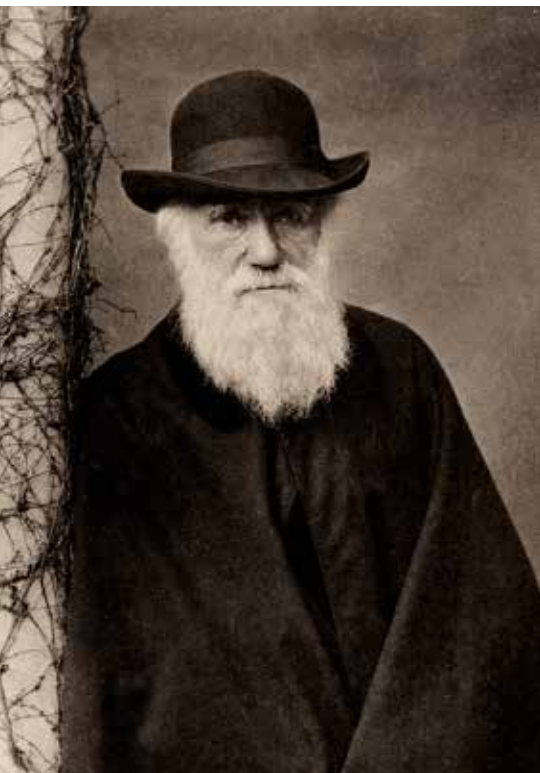
Recreación de un encuentro, que seguramente nunca sucedió, entre Mendel y Darwin.

ver la vida, le movió la estantería a más de uno e hirió egos y narcisismos al presentar una teoría en la que sostenía que los seres humanos no habíamos sido creados a imagen y semejanza de Dios.

Aparentemente, Mendel tenía la información que Darwin estaba necesitando. Información que le permitiría a éste comprender cómo se produce la herencia biológica y se establecen las adaptaciones en los seres vivos. Cuenta esa misma leyenda que Darwin nunca

conoció a Mendel pero, si lo hubiese hecho, o al menos leído sus conclusiones, la historia de la biología habría sido otra.

Muchos historiadores de la ciencia han generado, y continuado, el mito de la existencia de los artículos de Mendel en la biblioteca de Darwin, artículos que éste nunca llegó a leer. Otros tantos han soñado con una realidad paralela en la que estos dos personajes se encontraban. Ambos podrían ser los protagonistas de una imaginaria novela cuyo



David B. Fankhauser

Charles Darwin

desenlace sería la Teoría Sintética de la Evolución, una teoría que conecta dos ramas diferentes de la biología y que, en el mundo real, recién pudo enunciarse en el siglo XX.

Para tristeza de muchos, eso nunca hubiese ocurrido, porque “el padre de la genética”, tal cual lo conocemos, nunca existió. A lo largo de los siglos, se ha caído en el error de leer el pasado con los ojos del presente, de ignorar los problemas e intereses que afectaban a los hombres y mujeres de otros tiempos y transmitirles los propios, eso mismo le pasó al pobre Mendel. Le atribuyeron leyes que nunca enunció y preocupaciones que nunca tuvo, se distorsionó su trabajo y su formación académica, se lo aisló del contexto en el que vivió y se construyó de él una imagen que, probablemente, distaba mucho de la realidad.

El problema de Mendel

¿Por qué fue ignorado por sus contemporáneos? Muchos afirman que ello se debió a su carácter de amateur, a ser un monje sin formación técnica y no pertenecer a la comunidad científica, a ser una especie de genio autodidacta que trabajaba en forma solitaria en su huerta. En realidad, esto no es así: “Existen fuentes que documentan sus estudios

en la Universidad de Viena y su desempeño como ayudante en un prestigioso laboratorio de esa institución. De modo que tan mala formación no tenía”, afirma Pablo Lorenzano, doctor en Filosofía y especialista en epistemología e historia de la genética.

“No es que en su época haya sido ignorado o incomprendido, sino que, en realidad, él no hizo lo que se le adjudica”, afirma Lorenzano. Según este especialista, docente e investigador, el monasterio en el que se encontraba Mendel era un importante centro económico, cultural y social, alejado mucho de esa imagen de aislamiento con la que se lo suele identificar. La congregación apoyó su formación académica y sus experimentos. Asimismo, esta institución fue parte de muchas sociedades científicas, por lo que creer que aquellos preocupados por “transmitir la fe” no se interesarían en los temas vigentes en esa época, sería descontextualizarlo.

Suele decirse que tuvo dificultades para criar animales, ya que, en el monasterio, no se lo permitían por considerarlo inmoral. En realidad, este es otro de los mitos que se forjaron en torno a Mendel. “En aquella época eran muy comunes las cruces para mejorar la calidad del

ganado: la selección de los mejores individuos en animales de granja no fue un invento de Darwin, hacía tiempo que se practicaba, era ampliamente aceptado y se buscaba su comprensión”, afirma Lorenzano.

En el siglo XIX existían diferentes escuelas de investigación dentro de las cuales se formó y trabajó Mendel, en contacto con sus intereses y metodologías. A nuestro personaje no le preocupaba la herencia, ya que en realidad él se interesaba en el desarrollo de los híbridos, temática que no era extraña en la biología de aquellos tiempos. Efectivamente el contexto que le interesaba a Mendel era el evolutivo y, según Lorenzano, llegó a poseer todos los libros de Darwin, a muchos de los cuales llenó de anotaciones y comentarios.

Mendel era un hibridista interesado en la producción del campo, en la generación de nuevas especies y, aunque no se oponía por completo a las ideas de Darwin, consideraba que éstas estaban incompletas. Además de esta temática, Mendel escribió trabajos sobre meteorología y fue el encargado de llevar el registro de fenómenos atmosféricos en su región. “No es casual que un hijo de campesinos se preocupe por la



Las imágenes de las páginas 34 y 35 muestran distintas vistas de la Abadía de Santo Tomás en Brno (República Checa) adonde Mendel llevó a cabo sus experimentos.



Gregor Mendel

producción a partir de la tierra y por las condiciones climáticas adecuadas como para hacerlo”, sostiene el filósofo e historiador argentino.

Mendel escribe dos artículos relacionados con híbridos de plantas. El primero fue presentado en dos conferencias en 1865 y se dice que Darwin tenía un ejemplar de ese trabajo en su biblioteca, pero que nunca lo leyó. Se ha generado así un mito sobre lo poco que faltó para que este genio pudiese dar una respuesta al problema de la herencia que permitiría adelantar la historia de la biología varias décadas.

Según Lorenzano, esto no es más que un mito pero, en caso de que Darwin hubiese leído los artículos de Mendel, nada de eso hubiese pasado, ya que en esas páginas “no estaba lo que se dice que le faltaba a Darwin para completar su obra”. Mendel no investiga las bases de la herencia ni habla de genes o factores como habitualmente se le atribuye. En realidad, esos conceptos son posteriores y no eran su tema de estudio, sino que estaban relacionados con cuestiones del siglo XX. Las llamadas Leyes de Mendel, en realidad, nunca fueron formuladas por él.

Hace ya algunas décadas, se ha comenzado a criticar la visión “continua, acumulativa y lineal de la historia de la genética”, afirma Lorenzano. De acuerdo con esa visión, muy cuestionada, tres redescubridores (Carl Correns, Hugo De Vries y Erich Von Tschermak) comenzaron a investigar las leyes de la herencia llegando a los mismos resultados que Mendel y reconociendo así los supuestos logros de éste. Siguiendo esa misma visión, William Bateson y, posteriormente, Thomas Morgan junto a sus colaboradores, de forma aproblemática, continuaron ampliando el programa de investigación atribuyéndole, finalmente, las dos leyes a Mendel.

La realidad es que la historia ha sido mucho más compleja que lo que aparenta. Los llamados redescubridores, en realidad, transfirieron a Mendel sus propias preocupaciones, generando de él imágenes distintas (y no la misma, como se suele afirmar), construyendo nuevas ideas y no “redescubriendo” algo preexistente.

La linealidad supuesta entre Bateson y Morgan tampoco es así. Según Lorenzano, en ambas teorías existieron diferencias notables, siendo las de éste último las que, finalmente, se identificaron,

por una especie de tradición, con la llamada genética clásica o mendeliana a la que, llamativamente, Mendel no hubiera adherido. “No por sostener algo distinto a lo que se dice que hizo, eso no significa que no se lo valore”, sostiene el investigador, y agrega que Mendel realizó experimentos, estudió las características entre los descendientes de las diferentes parejas y formuló una ley que llamó “Ley encontrada en Pisum”, a partir del importantísimo análisis estadístico de sus trabajos. Él creyó haber encontrado una explicación para la formación de nuevas especies a partir de la cruce con otras, hechos que fueron ignorados en el supuesto reconocimiento posterior.

Lorenzano se pregunta: “¿Qué habría ocurrido en caso de que Darwin hubiera conocido la obra de Mendel?”, y concluye que probablemente Darwin lo hubiese considerado un hibridista, como tantos otros, que no resolvía sus inquietudes acerca de la herencia. Tal vez, como elucida el investigador con una pizca de humor, hubiesen compartido un plato de arvejas del monasterio o un té a las 5 de la tarde en Londres, pero aún faltaban décadas de trabajo y discusiones para que la esperada síntesis se llevara a cabo.

Drogas de abuso

Oscuros polvos blancos

Diego Eduardo Calb - diegoeduardo_c@yahoo.com.ar

Las drogas de abuso constituyen un serio problema de salud debido a los daños que producen y su gran poder adictivo. En Argentina se realizan estudios para determinar los efectos de la cocaína y la metanfetamina, así como de una droga estimulante de curso legal, el modafinilo, que hoy se emplea para el tratamiento de adicciones. Los investigadores ensayan con animales sobre los efectos de esta droga, que tendría un gran potencial para su uso futuro.

Se las puede encontrar en la calle, en boliches, en bares y en fiestas. Ocultas, pueden pasar desapercibidas, simulando ser otras y pasando de persona en persona. Tienen apodos de los más diversos. Generan e impulsan comportamientos no habituales: excitación, alucinación, violencia, angustia y finalmente depresión.

Se trata de ciertas sustancias ilícitas, drogas psicoestimulantes como la cocaína, las metanfetaminas, el éxtasis y el paco. Estas sustancias, tanto en forma de polvo o pastillas, pueden fumarse, inhalarse o ingerirse. Son buscadas por sus efectos estimulantes y la sensación de bienestar que pueden generar, facilitando una huida momentánea de la realidad y un paso a una "realidad paralela". Pero se convierten en sustancias

imprescindibles para el consumidor, y generan adicción.

Si bien el consumo de drogas puede empezar como un juego y ser utilizadas para la "diversión", detrás de ese juego se producen grandes cambios y daños en el cerebro. Además, el corazón también se ve muy afectado por el uso de estimulantes. Por ejemplo, la cocaína provoca un aumento de la frecuencia respiratoria y cardíaca, y de la presión arterial, además de causar daños cerebrales. El paco, que en la última década empezó a cobrar notoriedad, genera hipertensión arterial, angustia, ansiedad, cuadros psicóticos y deterioro de las funciones mentales. El consumo de éxtasis puede producir arritmias cardíacas y hemorragias cerebrales. Por su parte, la metanfetamina causa daños

cerebrales y aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria.

Investigando la metanfetamina

En el Instituto de Investigaciones Farmacológicas (ININFA-UBA) se estudian en profundidad los efectos de la metanfetamina. "Es la droga patrón tóxica del sistema nervioso central, representa un serio problema de consumo en algunos países (por ejemplo Estados Unidos) y en Argentina se produce y exporta debido a su muy bajo costo de producción", explica la doctora Verónica Bisagno, investigadora del CONICET en el mencionado instituto.

Lo que hace la metanfetamina es dañar distintas regiones del cerebro y, en particular, altera en forma drástica las terminales de las neuronas que liberan dopamina. "La dopamina es fundamental



para moverse correctamente, tener un estado de ánimo personal adecuado y querer comer, entre otras funciones”, indica el doctor Francisco Urbano, investigador del CONICET en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (Exactas-UBA). Y agrega: “La cocaína, en cambio, no sólo estimula la liberación de dopamina sino que también es vasoconstrictor, lo cual tiene efectos tóxicos en el sistema nervioso, asociados a la menor irrigación sanguínea”. Por su parte, el éxtasis interviene en relación a otro neurotransmisor, la serotonina, que actúa en diferentes áreas del cerebro.

En el ININFA, la doctora Bisagno dirige un grupo de investigación que estudia los efectos en el sistema nervioso central de la cocaína y la metanfetamina, y también de dos drogas estimulantes

de curso legal: el modafinilo y el metilfenidato. “El modafinilo se emplea para el tratamiento de las distintas fases de la adicción a estimulantes”, comentó Bisagno.

Urbano, director del Laboratorio de Neurobiología de la Adicción del Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias (IFIBYNE) de Exactas-UBA, investiga los efectos de las drogas psicoestimulantes en zonas del cerebro donde se procesa la información sensorial, como el tálamo y la corteza. Su grupo de investigación está abocado a estudiar las propiedades eléctricas de las neuronas, mediante el uso de modelos animales. En particular, el trabajo está centrado en analizar los efectos de la cocaína y el metilfenidato sobre grupos de neuronas sensoriales del tálamo y la corteza.

ENSAYOS CON ANIMALES

EBAL no es el nombre de ninguna droga, sino la sigla de Ensayos Biológicos con Animales de Laboratorio. Así se denomina el proyecto aprobado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través del concurso de Proyectos de Plataformas Tecnológicas 2011. Esta plataforma, cuya financiación es de casi 8 millones de pesos durante 3 años, consiste en lograr en Argentina la crianza, disponibilidad y provisión de animales de experimentación y los servicios preclínicos relacionados con dichos animales. Está destinado tanto a la comunidad científica-tecnológica pública como privada. En esta plataforma existen tres socios: la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad de La Plata (UNLP) y el CONICET. El ININFA (UBA) forma parte de este proyecto junto con otras instituciones como la Facultad de Veterinaria (UBA), el Bioterio Central (UNLP) y el laboratorio de Ratones Transgénicos del doctor Marcelo Rubinstein (INGEBI-CONICET).



El doctor Francisco Urbano investiga los efectos de las drogas psicoestimulantes en zonas del cerebro donde se procesa la información sensorial, como el tálamo y la corteza. También trabaja en el estudio de los efectos del modafinilo como base para el desarrollo de nuevos fármacos.

Las drogas y sus números

Las drogas de abuso constituyen un problema a nivel nacional. Aunque no se encuentran en el triste podio de drogas de consumo, los números hablan de una problemática importante. En un estudio realizado por el Observatorio Argentino de Drogas en 2010, el 0,8% de la población entre 12 y 65 años declaró haber consumido cocaína en ese año. Este porcentaje representa más de 150.000 personas. En el caso del éxtasis, son 9.000 las personas que, según se estima, consumieron en ese año, y 4.200 personas para el paco. Además, el 48% de los usuarios de cocaína presenta indicadores de dependencia, es decir, de cada 100 usuarios de cocaína, 48 tienen problemas de adicción.

Este último dato habla de la fuerte dependencia que pueden generar ciertas drogas. Por eso, se están realizando investigaciones para poder combatirla. En 2011, el Observatorio Interamericano de Drogas, dependiente de la Organización de Estados Americanos, indicó que, en Argentina, el 21,1% del total de admisiones a tratamiento por uso de drogas correspondieron a la cocaína y el 8,2 % al paco. En la actualidad, el único tratamiento para la adicción a la cocaína es el psicológico. Sin embargo, se busca hallar otros caminos mediante el uso de medicamentos.

El modafinilo tendría un rol como sustancia neuroprotectora, según un trabajo del grupo de Bisagno que se publicó recientemente en la revista PlosOne. Actuaría impidiendo que la metanfetamina pueda ingresar a la neurona, bloqueando la entrada llamada DAT (transportador de dopamina). Sería como un “piquete” en la puerta de entrada de la terminal sináptica, que es el lugar de intercambio de información con otras neuronas. Además, los investigadores observaron que las metanfetaminas producen señales de muerte celular en una zona del cerebro llamada *cuerpo estriado*, encargada de los movimientos, y que la presencia de modafinilo bloquearía esas señales de muerte celular.

“No podría decir que la metanfetamina produzca daños irreversibles, porque el modafinilo podría revertirlos”, indicó Bisagno. Si bien en el ININFA estos estudios se llevaron a cabo en ratones, en un laboratorio del Instituto Nacional de Drogas de Abuso de Estados Unidos (en inglés, NIDA) se obtuvieron imágenes cerebrales de pacientes adictos a la metanfetamina que revelaron menor cantidad de terminales nerviosas en el cuerpo estriado.

Paco, industria nacional

Además del problema de la cocaína, en Argentina existe otra droga con fuerte poder adictivo y dañino: el paco. Éste es el residuo que queda cuando la pasta base extraída de las hojas de coca se purifica a cocaína. “Los principales componentes son cocaína y cafeína. Sabemos que la cafeína es capaz de potenciar los efectos tóxicos de la cocaína. Se pueden usar mezclas de distinta gradación de ambas sustancias y analizar el impacto que producen. Esa es la parte más aplicada que tenemos”, resaltó Bisagno, y enfatizó la intención de trabajar en colaboración con psiquiatras.

El modafinilo es un medicamento que interviene en el ciclo sueño-vigilia. Actualmente se utiliza para tratar la somnolencia excesiva causada, por ejemplo, por la narcolepsia (una afección que provoca sueño irresistible durante el día).

“Los estudios sobre modafinilo son los que están más avanzados para posibles futuras aplicaciones. Lo que tenemos ahora son ensayos en animales, pero después se podría obtener una patente y trabajar con la industria farmacéutica”, sostuvo Urbano, y agregó: “esta caracterización de los efectos del modafinilo en animales administrados con metanfetamina podría, eventualmente, abrir nuevas líneas de investigación que podrían involucrar el diseño de nuevos fármacos”.

Bioinsecticidas

Con licencia para matar

Viven normalmente en el suelo de zonas rurales. Y, aunque no los veamos, están ahí para ayudarnos. Son ciertos hongos patógenos que le presentan batalla a los insectos plaga que dañan los cultivos, y llevan las de ganar. Es más, se está registrando un bioinsecticida de industria nacional contra una especie de mosquita que perjudica a la yerba mate.

Analía Czerniczyniec - anaczerni@gmail.com

Si bien los insecticidas químicos son los más usados en todo el mundo, se encuentran en el banquillo porque dejan residuos tóxicos que contaminan el ambiente. Por esta razón, están empezando a desarrollarse estrategias biológicas o naturales para el control de los insectos, como el empleo de un determinado tipo de hongos tóxicos. “Estos hongos, llamados entomopatógenos, infectan a un insecto sano y le causan una enfermedad que le produce la muerte”, explica la doctora Claudia Lastra, investigadora del CONICET en el Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPA-VE) de la Universidad de La Plata.

Conocer a fondo a estos pequeños habitantes del campo permite desarrollar insecticidas biológicos que no dañan al medio ambiente y, sobre todo, a los seres vivos.

Los enemigos de siempre, reforzados

Desde el inicio de los tiempos, el hombre ha luchado contra los insectos que lo rodean. Nuestros antepasados cavernícolas utilizaban el humo de fogatas o se embadurnaban con barro para poder ahuyentarlos. Pasaron los años y las estrategias fueron cambiando.



Milos Villaris

Homero (1000 a.C.) cuenta en *La Odisea* que los griegos realizaban fogatas de azufre para alejar a los insectos de los cultivos. También hay referencias que indican que Atila, el temible rey de los Hunos que vivió en el siglo V d.C., utilizaba arsénico para la protección de los jardines y las huertas de su reino. Hasta entonces, estos intentos funcionaban a la perfección, pero sólo tenían efectos repelentes.

Por mucho tiempo se creyó que las plagas eran un castigo divino, sin embargo, lejos de aquella creencia, parecen ser responsabilidad de la acción humana. Sucede que el hombre constantemente modifica el ambiente, por ejemplo, sembrando una única clase de cultivo en lugar de varias. Debido a esto, las diferentes especies animales que se alimentan de un conjunto de hierbas, migran al no tener comida. Por desgracia, unas pocas



"Estos hongos infectan a un insecto sano y le causan una enfermedad que le produce la muerte", explica la doctora Claudia Lastra, investigadora del CONICET.

especies se quedan y se reproducen sin control, convirtiéndose en plaga.

En este punto, para el caso de los insectos que dañan las hojas, las flores o los frutos, los repelentes ya no son eficaces y, por lo tanto, resulta necesario poner mano dura para defender a los cultivos. Por esta razón, a mediados del siglo XX, con el fin de la Segunda Guerra Mundial, llegaron los enemigos más potentes de los bichos: los insecticidas químicos como el DDT. Desde entonces, no sólo los insectos caen rendidos a sus pies, sino también el medio ambiente y los seres humanos, debido a los residuos tóxicos que dejan en el campo.

Asesinos por naturaleza

El medioambiente pide ayuda a gritos. ¿Será posible utilizar algo que se encuentra en el ambiente para combatir a los insectos plaga sin dañarlo? Por supuesto que sí: los diminutos pero letales hongos entomopatógenos. Según explica Lastra, estos organismos poseen ventajas sobre los agroquímicos porque sólo atacan a determinados insectos, pero no a plantas ni a otros animales como los seres humanos. Además, se pueden multiplicar y dispersar en el medio con facilidad.

Los hongos causan el 80% de las enfermedades de los insectos. Pero ¿cómo hacen para infectarlos? En condiciones normales, los hongos entomopatógenos se ponen en contacto con la cutícula –o

capa más externa de la piel– de los insectos y la atraviesan. Una vez en su interior, se desarrollan, se multiplican e invaden todos los órganos y tejidos vitales. Los insectos dejan de comer y comienzan a moverse de manera rara, algo lenta, como borrachos. Finalmente, ya no hay vuelta atrás y mueren. "Luego, los hongos emergen del interior del insecto y son capaces de infectar a otros insectos sanos", explica la investigadora. De esta manera, su acción se prolonga en el tiempo y se logra controlar biológicamente a los insectos en una semana. No obstante, cuando estos bichos son demasiados, se transforman en plaga y los hongos no dan abasto. Entonces, debemos ayudarlos.

Buscando a los culpables

Desde hace más de veinte años, en el CEPAVE se llevan a cabo estudios con hongos entomopatógenos para conocerlos bien a fondo y, finalmente, desarrollar un insecticida biológico –o bioinsecticida– que reemplace a los productos químicos. Para lograrlo, primero es necesario recolectar en el campo insectos muertos e infectados para aislar los hongos.

"Hoy tenemos 400 cultivos de distintos tipos de hongos que fueron recolectados en campos a lo largo y ancho del país, y que son tóxicos para diferentes insectos", destaca Lastra. A partir de ahí, el laboratorio se convierte en una cocina y

LLEGARON LOS REFUERZOS

Desde cierta perspectiva, la transferencia de conocimiento forma parte de la columna vertebral de la ciencia. En este sentido, la doctora Lastra lleva adelante un proyecto denominado "Estrategias agroecológicas para el control de insectos plaga con hongos entomopatógenos". El objetivo es fomentar la utilización de estos pequeños organismos para controlar insectos plaga en lugar de utilizar agroquímicos. Para esto, resulta necesaria la participación activa de los productores y sus familias. En este sentido, el CEPAVE realiza talleres junto a los productores, en los que se les enseña no solo a reconocer a los hongos entomopatógenos sino también a los insectos infectados, para su posterior recolección.

A la espera de los bioinsecticidas, los investigadores también capacitan a los productores para aumentar naturalmente la población de los hongos entomopatógenos nativos de cada huerta o chacra. Para lograrlo es necesario no utilizar o reducir al mínimo el uso de agroquímicos. En su lugar, se deben utilizar abonos o materia orgánica que ayudan a la multiplicación de los hongos entomopatógenos. No menos importante es volver a los orígenes y abandonar el monocultivo. Es decir, si se diversifican los cultivos se logra un mejor control de los insectos plaga porque pueden aparecer y crecer otros depredadores naturales, además de los hongos.

"Los productores recibieron las propuestas con mucho entusiasmo", comenta Lastra y agrega: "nos pedían más información para seguir adelante". La interacción productor-investigador se fortalece día a día respetando el ambiente y mejorando la producción.





Michael Wallace / Mushroom Observer

Los hongos entomopatógenos (como el *Beauveria bassiana*) poseen ventajas por sobre los agroquímicos, ya que atacan a determinados insectos pero no a plantas ni a otros animales.

se debe seguir una determinada receta. Regulando la humedad, la aireación, la temperatura y la luz, se genera un ambiente acogedor que estimula la multiplicación de los hongos. Finalmente, luego de 15 días, se prepara una suspensión concentrada de estos organismos en agua, y listo el bioinsecticida.

Ahora, hay que volver al campo y probar sus efectos. Antes de empezar a rociar los cultivos es necesario tener en cuenta que no llueva, porque si no los hongos “se lavan”. Es decir, se despegan de las hojas de las plantas y no podrán entrar en contacto con los insectos. También, el efecto del bioinsecticida será mejor si los cultivos son nuevos o recientes. De lo contrario, pueden estar presentes diversos parásitos que interfieren con la acción de nuestros hongos protectores.

“Hasta ahora, se hicieron pequeñas aplicaciones a campo en quintas de productores del Gran Buenos Aires en la zona de Berazategui y Villa Elisa para cultivos de berenjena, tomate y chaucha donde la mosca blanca es plaga”, explica Lastra, y agrega: “Se observó una mortalidad del 50 % de estos insectos”. Este resultado es alentador no sólo para los investigadores sino también para los pequeños productores que recibieron a los hongos entomopatógenos con los brazos abiertos (ver recuadro Llegaron los refuerzos).

La unión hace la fuerza

En muchos países existen productos biológicos registrados para el control de numerosas plagas agropecuarias o de interés en salud pública. Ahora bien, para que un insecticida biológico llegue al mercado y pueda ser utilizado por los productores agrícolas, necesita pasar diferentes controles. “En nuestro país, el organismo que se encarga de realizar estos estudios es el SENASA”, explica el Ingeniero Agrónomo Roberto Lecouna, Director del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA) del INTA. En primer lugar debe registrarse el principio activo (microorganismo benéfico) y luego se realizan análisis ecotoxicológicos que incluyen pruebas de toxicidad, persistencia y efectividad en ensayos específicos en el campo.

Nuestro vecino Brasil es pionero en la elaboración y utilización de bioinsecticidas en Latinoamérica. Entonces ¿podríamos importarlos para usarlos en nuestro país? Según asegura Lecouna, los insecticidas biológicos importados son caros e, incluso, pueden no funcionar. Para que la efectividad de estos productos sea alta es necesario utilizar hongos entomopatógenos nativos –bien argentinos– característicos de cada zona del país. La clave: son más resistentes a las condiciones climáticas y del suelo. Por consiguiente, crecen, se fortalecen y controlan más eficientemente al insecto plaga.

Tanto la doctora Lastra como el ingeniero Lecouna recalcan la importancia de fomentar la producción nacional de insecticidas biológicos. Ambos señalan que el país cuenta con mano de obra calificada para poder llevar a cabo diferentes proyectos, ya sean públicos o privados. En este sentido, el IMyZA junto con una empresa privada, están registrando en el SENASA un bioinsecticida basado en el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Su víctima: el psílido de la yerba mate –una especie de mosquita–.

“Los ensayos en el campo se realizaron en la localidad tucumana de Virasoro, con resultados muy satisfactorios”, subraya Lecouna. Y como a los investigadores les sobra motivación, también están realizando ensayos con hongos entomopatógenos contra la vinchuca, el picudo del algodón, las hormigas cortadoras, la mosca de la fruta, la mosca doméstica, la chinche del arroz y las garrapatas del ganado. Todas estas plagas producen grandes daños y pérdidas económicas.

El camino está iniciado. Sin duda, los hongos entomopatógenos y los investigadores se llevan a la perfección. El resultado: bioinsecticidas para la agricultura familiar y grandes productores sin dañar el medio ambiente. Una vez más, la ciencia sale del laboratorio y nos brinda soluciones.

Experiencia de voluntariado universitario

Las netbooks en el aula

En su edición 2013, el proyecto "Netbooks Uno a Uno" siguió con su propuesta de capacitar a los profesores secundarios en el uso de las computadoras en el aula y se agregó el aporte de contenidos. A los temas de física y matemática se sumaron, este año, química y atmósfera. Desafíos, dificultades y la reflexión sobre las posibilidades que ofrece el voluntariado.

Venir los sábados puede ser un plomo", dice Silvina Ponce Dawson, profesora del Departamento de Física de Exactas-UBA, "pero la gente igual se acercó con muchísimo interés". Ponce Dawson es una de las coordinadoras del curso "Netbooks Uno a Uno", que se llevó a cabo a través de la convocatoria de Voluntariado Universitario del Ministerio de Educación de la Nación, y "que fue pensado para optimizar, en las aulas, el uso de las netbooks que viene distribuyendo el Ministerio a los alumnos secundarios de escuelas públicas en el marco de programa Conectar Igualdad. Ya son más de tres millones los equipos que están en manos de los chicos y sus docentes.

Los sábados no suele haber clases en Exactas, por eso se convirtió en el día ideal para convocar a los profesores secundarios que, a su vez, también tienen día libre. El voluntariado implica que los docentes a cargo del curso donen su tiempo y conocimientos, lo mismo que los cerca de veinte alumnos de Exactas que prestaron su apoyo al proyecto. Lo "plomo" del asunto está, justamente, en lo complejo que puede resultar una actualización docente de carácter intensivo fuera de la grilla semanal, pero

los deseos y demandas de muchos profesores secundarios superaron el escollo. Cristina Caputto, también profesora del Departamento de Física, es otra de las coordinadoras de *Netbooks Uno a Uno* y explica que "muchos vinieron desde Chascomús, desde La Plata. Una pareja venía en moto desde Florencio Varela. Son docentes muy particulares los que deciden venir hasta acá todos los sábados a la mañana y quedarse hasta la tarde, es muy valorable".

La historia de estos cursos comenzó hace un par de años, cuando Caputto y Dawson percibieron –a partir del comentario de otros colegas que

trabajaban en proyectos con la Escuela Media– los temores e inseguridades de los docentes secundarios ante la posibilidad de utilizar las netbooks en el aula como herramienta de trabajo. El primero se dictó el año pasado y estuvo dirigido a los docentes de Física y Matemática, con el fin de capacitarlos en el uso del software asociado a esas disciplinas. En su versión 2013, fueron más allá. "Hasta ahora habíamos trabajado con Física y Matemática y había gente de Biología que colaboraba con temas de Química Biológica. Esta vez se incorporaron químicos y meteorólogos y no se trabajó sólo en el software que se puede usar en el aula", cuenta



Este año participaron de curso "Netbooks uno a uno" en Exactas, 48 profesores de escuela secundaria.



elmonitor.educ.ar

Ponce Dawson. “Abarcamos muchos frentes. Por un lado, ayudar a los profesores con el uso de los programas y que ellos les pusieran el contenido. Pero fuimos más allá y aportamos también contenido”. Da como ejemplo el trabajo en el área de Química: “Se trabajó con experimentos de laboratorio. En particular, qué tipo de experiencia, con qué condiciones de repetibilidad o qué cosas podían ser cuantificables para poder usar la computadora en el registro y en la obtención de resultados. Fue más allá de aprender a usar un programa. También descubrimos algunos programas que no habíamos considerado inicialmente, como el GeoGebra, en matemáticas, que generó mucho interés”. Respecto de esa posibilidad de *descubrir*, Caputto aporta el dato de la adaptabilidad del curso: “En muchos casos se avanzó por los caminos que iban decidiendo los profesores secundarios; para saber qué se puede llevar al aula necesitamos el *input* de ellos. Fue importante ir conociendo sus posibilidades y limitaciones. Vemos que vienen con más bagaje y demandando otro tipo de ayuda, aunque todavía hay algunos que necesitan una ayuda básica de cómo usar la computadora y a ellos también hay que formarlos”.

El nuevo desafío

Ambas coordinadoras coinciden en que el miedo es un factor común en el abordaje de las herramientas informáticas en el aula y ese miedo apunta a lo más trivial: la destreza en el uso de los recursos tecnológicos por parte de los chicos y la posibilidad de perder control y autoridad. “Había profes con miedo de abrir las netbooks en el aula porque les parecía que los estudiantes sabían más que ellos”, afirman. Pero Dawson entiende que esa superioridad es falsa: “Los pibes conocen algunas herramientas que no son las que el profesor va a usar en el aula, además de no tener idea de los contenidos”. La estrategia del curso se basa, en parte, en la exploración de los programas y la posibilidad de entender su lógica. Eso ayuda a liberar de miedo a los profesores. Dawson aporta con su experiencia: “Muchas veces me preguntan cómo hacer tal cosa con un programa. Nosotros no somos especialistas en todo el paquete de software que puede usarse en el aula, entonces les digo que no tengo idea, que miremos los íconos a ver si nos ayudan, y eso relaja y quita el miedo. Después lo pueden repetir con sus alumnos”.

Cristina Caputto, entusiasmada con el proyecto, toma el reclamo de los

profesores y lamenta no poder cumplirlo. “Una cosa que nos piden es que hagamos esto fuera de la Facultad, donde se puedan concentrar por zonas. Ante la pregunta de si es posible tomar una demanda más generalizada a través de un proyecto voluntario, Ponce Dawson sostiene que “esta capacitación debería darse en las mismas instituciones donde se forman los profesores, pero eso no ocurre, entonces me parece lógico que los universitarios nos involucremos. No para que siempre sea así, entiendo que estamos en un momento de transición. La Facultad se debe involucrar en favorecer ese cambio”. Y Caputto continúa la idea: “Qué mejor que nuestra Facultad para aportar en la mejora de la enseñanza de las ciencias a través de las nuevas tecnologías”.

El curso “Netbooks Uno a Uno” permite disparar la reflexión sobre las posibilidades institucionales ante la necesidad de capacitar a los docentes de Escuela Media, más allá de la acción voluntaria. Al respecto, el decano de Exactas-UBA, Jorge Aliaga, entiende que “distribuir más de tres millones de netbooks en las escuelas es una decisión de tal magnitud que corresponde acompañarla con una política de Estado de igual magnitud en cuanto a la capacitación. Pensamos

Graciela Noemí Magaldi, de la Escuela Técnica 2 "San Ginés" de San Fernando, Provincia de Buenos Aires.

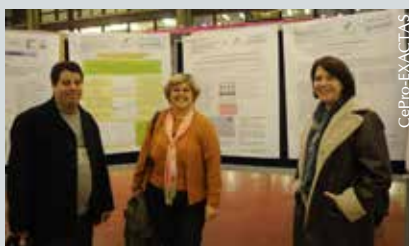
"Traté de hacer cursos virtuales sobre química pero no es lo mismo que hacer estos cursos intensivos y con la tutela de un docente. No es lo mismo trabajar en paralelo en un curso con gente que sabe más que vos. En este curso seguían mi ritmo y yo no demoraba a nadie y no me sentía tan relegada a la hora de tener que preguntar aun cosas simples. Sí reconozco que hubiera necesitado más tiempo para afianzar lo que aprendía cada clase antes de iniciar temas nuevos. He aplicado las experiencias realizadas en el curso con mis alumnos y me interesaría poder aplicarlo a más prácticas en el aula".

Guillermo Raúl Igne, de la Escuela ESB2 de Ituzaingó, Provincia de Buenos Aires.

"Por mucho tiempo se habló de la capacitación docente de calidad y siempre me pregunté por qué la UBA, una casa de estudio de excelencia, no se involucraba ideando proyectos para ello. Por eso celebro esta iniciativa que nos brinda, a los docentes de la escuela media, contenidos de nivel y, sobre todo, herramientas que nos permiten entrar al aula con ideas, conocimientos y propuestas distintas. Interactuar con docentes prestigiosos y alumnos en vías de serlo resultó una experiencia enriquecedora en el aspecto profesional y humano".

Miguel Pena, del Liceo "Cornelio Saavedra" de la Ciudad de Buenos Aires.

"En cuanto a los programas que aprendimos a usar fue algo que estaba esperando desde que recibí la net. Viene cargada de programas que escasamente sabemos usar pero que tienen un potencial muy alto para su uso en el aula. Además, nos permitió conocer y descargar nuevos programas que permiten que los alumnos puedan ver los mismos temas de un modo diferente, un modo que ellos frecuentan y les resulta familiar".



Los especialistas coinciden en que el miedo es un factor común en el abordaje de las herramientas informáticas en el aula y apunta a lo más trivial: la destreza en el uso de los recursos tecnológicos por parte de los chicos y la posibilidad de perder control y autoridad.

que esa política amerita articular la universidad con la escuela media a través de programas específicos". El camino de la articulación en áreas educativas suele ser dificultoso por la diversidad de actores. Explica Aliaga: "Hay que coordinar con escuelas que pertenecen a distintas jurisdicciones, con institutos de profesorado, Conectar Igualdad, la universidad. Es complejo pero posible y creo que tomar la opción política de hacerlo únicamente a través de voluntariado es erróneo; un programa voluntario es un programa que, si se hace, está muy bien, y si no se hace, esa falta no resulta perjudicial. Ahora, una vez que hay millones de estudiantes con netbooks en sus manos, uno tiene que pensar que sí o sí tiene que salir bien". Como antecedente, la Facultad lanzó en 2008 un programa institucional de articulación con la Escuela Media llamado "Red de Escuelas", que fue presentado al Ministerio de Educación pero no consiguió financiamiento. "Actualmente no hay financiamiento oficial para este tipo de proyectos y ahí está el limitante, porque la Facultad no puede hacer lo que se le ocurra sin tener financiamiento", sostiene el decano. "En cambio, nosotros trabajamos en pos de las necesidades generando proyectos. En la medida en que al Estado le interese y asigne recursos, Exactas se suma".

Anécdota para el cierre

Cada uno de los 48 profesores secundarios que terminaron el curso "Netbooks Uno a Uno" cerró su participación con un poster como trabajo final, donde presentó una propuesta de trabajo en el aula a partir de las herramientas exploradas durante la cursada. Los posters se exhibieron en el patio central del Pabellón II de Exactas. Uno de los trabajos, sobre la estructura del ADN, fue elaborado en equipo por una docente de una escuela privada y otra de una escuela pública y el resumen decía "El proyecto es para dos escuelas con diferentes recursos, para segundo año de bachillerato".

Nuestro prejuicio residual quizás indicaría que la escuela con menos recursos es la pública. Acá también se expresa un cambio de paradigma. El resumen continuaba: "La profesora Volcovich en una escuela privada, donde los alumnos no tienen computadora en el aula, trabajará junto al Departamento de Informática. La profesora Basualdo cuenta con alumnos con netbooks en el aula pero igual trabajará el tema como proyecto interdepartamental". Hoy las aulas de las escuelas públicas cuentan con una herramienta de enorme potencial y accesible a todos los sectores sociales. Con la bola lanzada, ahora está en juego el buen uso de esa herramienta y, asociado a esto, su continuidad como proyecto permanente."

¿Qué es la lógica?

Guillermo Boido y Olimpia Lombardi

En el artículo anterior señalábamos que *lenguaje* y *lógica* son dos elementos que están en la base del conocimiento, y hablamos del primero de ellos. En esta ocasión comenzaremos a ocuparnos del segundo, la *lógica*.

Como muchos otros ámbitos del saber, la *lógica* se inicia con los trabajos de Aristóteles, quien formuló el primer sistema lógico de la historia, la *silogística*. Puesto que para Aristóteles la *lógica* era una herramienta para obtener lo que hoy llamamos “conocimiento científico”, al que consideraba conocimiento de lo universal, la *silogística* no incorpora enunciados singulares tales como “Sócrates es hombre”, sino que estudia razonamientos del tipo “Todos los hombres son mortales // Todos los griegos son hombres // Por lo tanto, todos los griegos son mortales”. Si bien los filósofos estoicos (que tuvieron un papel destacado entre el siglo III a. C. y fines del siglo II d. C.) realizaron algunos aportes, la *lógica* siguió prácticamente entendiéndose como sinónimo de *silogística aristotélica* hasta el siglo XIX, cuando algunos autores, en especial el alemán Gottlob Frege, formularon lo que hoy se conoce como *lógica clásica*, que incluye a la *silogística* como caso particular.

El objetivo central de la *lógica* consiste en estudiar los razonamientos, en particular para distinguir los válidos de los inválidos. Pero, ¿qué es un razonamiento? Hasta el siglo XIX se lo consideraba una entidad mental, pero durante el siglo XX se prefirió tomar como objeto de estudio el lenguaje, ya que nos resulta directamente accesible: hoy un razonamiento es un conjunto de enunciados de los cuales se pretende que uno de ellos, la *conclusión*, encuentre su apoyo en los restantes, las *premisas*. Y un razonamiento es válido si la verdad de las premisas asegura la verdad de la conclusión.

Los sistemas lógicos, diseñados para capturar la validez de los razonamientos, tienen una dimensión *sintáctica*, puramente formal, y una dimensión *semántica*, que estudia las relaciones entre los símbolos y sus referentes o significados. Desde un punto de vista sintáctico, un sistema lógico queda caracterizado por un *lenguaje* (símbolos y reglas de formación de enunciados), ciertos *axiomas* (puntos de partida de las derivaciones) y ciertas *reglas de inferencia* (que permiten pasar de ciertos enunciados a otros de un modo válido). Pero este formalismo sintáctico no habla acerca de nada. En cambio, en el ámbito semántico se entiende que los símbolos se refieren a ciertas entidades (tales como números, electrones o genes): aparece entonces el concepto de *verdad* (tal como la caracterizamos en el número 41 de *EXACTAMENTE*) y la idea

de que un razonamiento válido *preserva la verdad* de premisas a conclusión. El sistema lógico es *adecuado* cuando todos los razonamientos que son válidos en términos sintácticos también lo son en términos semánticos.

¿Para qué sirve la *lógica*? Al igual que la *matemática*, la *lógica* no sólo es una disciplina científica por sí misma, sino que se encuentra presente en todos los ámbitos del conocimiento científico de un modo inevitable. Por un lado, cuando se trabaja en un marco teórico es esencial saber si los razonamientos que usamos son válidos o no. Pero, por otro lado, desde una perspectiva metateórica, la *lógica* nos permite analizar los motivos por los cuales aceptamos una teoría o, en general, un cuerpo de conocimiento, temas sobre los cuales volveremos en próximos artículos.

Y ya que hablamos de *matemática*, ¿cuál es la relación entre *lógica* y *matemática*? Hay distintas posturas acerca de la naturaleza de la *matemática* y de las entidades de las que trata, pero según una de ellas, el *logicismo*, la *matemática* no sería más que un capítulo de la *lógica*. Éste fue el programa de Frege, hasta que Bertrand Russell demostró que su sistema contenía una contradicción (conocida como *Paradoja de Russell*). A principios del siglo XX, Russell y su colega Alfred North Whitehead publicaron una obra monumental, *Principia mathematica*, donde pretendían derivar la *matemática* de la *lógica*, completando así el programa de Frege pero sin sus dificultades. No obstante, el trabajo de Russell y Whitehead también fue objeto de críticas debido a los nuevos axiomas que incorpora. Actualmente, la cuestión de la reducibilidad de la *matemática* a la *lógica* sigue siendo una cuestión abierta.

Hasta aquí queda claro que la validez de un razonamiento es relativa al sistema lógico que se considere. Sin embargo, se supone que la *lógica* pretende, de algún modo, recoger aquellos razonamientos que consideramos válidos en nuestra actividad cotidiana. Para ello es necesario que el lenguaje lógico pueda formalizar adecuadamente el lenguaje cotidiano (abstraer los aspectos que resultan relevantes para el razonar), y que los axiomas y las reglas de inferencia capturen la validez en el uso informal. Pero el lenguaje cotidiano y nuestras prácticas de inferencia son tan complejos que han terminado excediendo los sistemas lógicos tradicionales, y ello ha conducido a una proliferación de sistemas lógicos de la cual nos ocuparemos en el próximo artículo. ▮

Las lecciones del Maestro Ciruela

Idoneidad

Ricardo Cabrera
ricuti@qi.fcen.uba.ar

Recuerdo a dos profesores de música que tuve hace mucho tiempo. El primero nos enseñaba solfeo: *do, mi, do, sol... fa, re, si, si, si, siiii... do, re, do*. Obviamente, moviendo la mano como crucificando la alegría y diciendo las notas en un tono monocorde, atonal, como para convencer a un sordo. El segundo era un músico que hacía una suplencia: todo fiesta, todo música. Va de suyo que del primero no aprendí nada y padecí todo. Y del segundo recuerdo que esperaba la hora de música con mucha ansiedad porque mientras cantábamos me enamoraba cada vez más de mi compañerita de adelante.

Pero visto a la distancia creo que puedo agregar un análisis más profundo: el primero no era idóneo no porque fuera mal docente, no lo era porque no entendía la música, no sabía qué es la música. Y el segundo sí era idóneo, pero no porque fuera un buen docente sino porque llevaba la música en la sangre. Claro que podría no haber sido idóneo por tratarse de un mal docente... aunque ya se dan cuenta que no era el caso.

Esa vivencia la puedo trasladar a la enseñanza de cualquier materia, de cualquier contenido, de cualquier tópico. Un docente que no sea un buen lector no puede enseñar *lengua* ni *literatura*; un

docente que no ejerce su ciudadanía con responsabilidad no puede enseñar *educación cívica*; un docente que como mínimo no se aficione a la lectura de divulgación científica, no puede enseñar ninguna ciencia. No serían idóneos.

Para ser docente –también va de suyo– no hace falta ser especialista en las materias que se enseñen, pero sí se debe conocerlas, entenderlas, practicarlas y –sobre todo– disfrutarlas. Es mentira que se puede enseñar algo que se desconoce, simplemente ayudando a un grupo de estudiantes a transitar un camino de aprendizaje. Y menos que menos a ayudar a construir un conocimiento (pretensión ridícula de algunos adeptos al constructivismo).

El solfeo tiene tanto que ver con la música, como el recitado de las fases de la mitosis con la *biología*. Para ser idóneo en cualquier materia hay que estudiar, prepararse, curiosearla, investigarla.

Es una pena que para nuestro magisterio exista una oferta tan generosa de cursos de enseñanza, de didáctica y de modalidades de la educación, y tan somera de actualización o profundización de contenidos. Hay una cruda realidad: no se puede enseñar lo que no se conoce de verdad, lo que no se ama.



Jack Black interpretando al maestro de la película de Richard Linklater, *School of Rock*.

HUMOR por Daniel Paz



Las discusiones entre Einstein y Bohr a veces excedían el plano teórico

La escuela no fue siempre así (3ra. Edición)

Pablo Pineau y Carla Baredes
Ilustraciones Javier Basile
Buenos Aires:
Ediciones Iamiqué, 2011

40 páginas



La editorial Iamiqué, de Carla Baredes e Ileana Lotersztain, nos sigue regalando joyas de la literatura infantil (como indica la contratapa: recomendado para curiosos de 8 a 108 años y para padres y maestros en aprietos). La historia de la escuela en la humanidad, en todos los tiempos y en todos los lugares. Una historia muy bien hilvanada, con textos cortos, preguntas concretas, respuestas breves, y un paneo general que nos brinda lo importante sin que lo parezca. Una recorrida llena de pastillas, chismes, anécdotas, frases sueltas, hitos, que no solo le dan color al relato sino que terminan de cerrarlo en una pieza de gran coherencia.

En las últimas páginas podemos encontrar un juego de la oca que nos permitirá volver a recorrer el libro, volver a recorrer la historia en clave lúdica: un broche de oro. No faltan las recomendaciones de libros, páginas web y películas por si los lectores quieren saber un poco más.

Como nos tienen acostumbrados, las ilustraciones del libro aciertan en el tono de la historia y le imprimen una estética acorde.

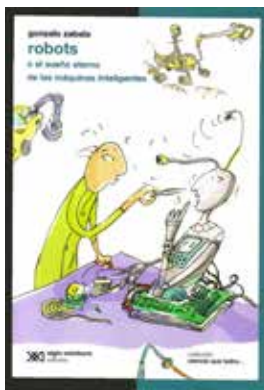
La escuela... es una pieza fundamental de la colección “Las cosas no fueron siempre así” (El cine, Los libros, El baño, La medicina).

Robots

o el sueño eterno de las máquinas inteligentes

Gonzalo Zabala
Buenos Aires: Siglo Veintiuno,
2012

136 páginas



¿Los robots inteligentes son producto de la fantasía de escritores y directores de cine... o no? A partir de esa estimulante pregunta Gonzalo Zabala nos cuenta la historia de los robots, desde las ingenuas patrañas que atraían a los crédulos en el pasado, pasando por cientos de máquinas que no nos damos cuenta ni siquiera de que son robots, hasta los andróides autómatas de la actualidad. También hay lugar para hablar seriamente de las perspectivas futuras y saber cuán lejos o cerca estamos de Terminators, Wall-Es y Hombres Bicentenarios.

¿En qué consiste el fútbol de robots? ¿Para qué sirve? *Robots* presenta un panorama que va desde los pateadores de pelotas, pasando por los desarmadores de bombas, las máquinas agrícolas inteligentes, los robots cirujanos, hasta los robots astronautas que exploran Marte.

Con conocimiento de causa el autor nos cuenta una historia que se aclara a medida que aparecen las definiciones, los ejemplos, las expectativas y los desafíos. Si aceptamos –como propone el autor desde el comienzo– que la forma humanoide no hace al robot, el relato pinta una gesta humana para lograr el confort, la eficiencia, la disminución de riesgo y muchas otros beneficios que cada día más están en manos de nuestras creaciones: los robots.

La insensatez de los necios

La lógica del engaño y el autoengaño en la vida humana

Robert Trivers
Buenos Aires: Katz Editores, 2013

387 páginas



Por fin un libro en español de Robert Trivers, una de las mentes más brillantes del siglo pasado. Biólogo, filósofo e incansable investigador, es uno de los científicos que más ideas originales le ha legado a la ciencia y a la humanidad.

La insentatez... es un libro extraño y deslumbrante. La primera parte tiene la fuerte impronta del investigador y nos explica por qué el engaño y el autoengaño son partes constitutivas de la naturaleza humana. Cómo se produce, para qué sirve, cómo opera. Aunque maneja muy bien el lenguaje de la divulgación se apoya en premisas biológicas que no están suficientemente popularizadas.

Pero al promediar la lectura el libro cambia abruptamente: se desata. El conjunto de asuntos de los que extrae ejemplos para su tesis del engaño y el autoengaño es atrapante: accidentes aéreos, guerras, religión, ciencias sociales, sexo, familia y varios más. El relato es vibrante, comprometido, provocador, agudo. El esfuerzo que puede acarrear la lectura de la primera parte a los lectores no versados en biología se compensa con creces en este segundo momento de la lectura. No sólo querrán que no finalice, muchos se animarán a releer los capítulos iniciales. Y –sobre todo– cambiará radicalmente el modo en que entendemos la mentira.

Recomendaciones en Internet

www.sesbe.org/evosite/evohome.html

Comprendiendo la evolución. Un sitio muy didáctico de la Universidad de Berkeley, en inglés y en español, que ayudará a los profesores de biología a plantear asuntos de la Teoría de la Evolución a sus estudiantes. Con textos muy simples y una gráfica muy acorde a la educación secundaria.



elrincondelacienciaytecnologia.blogspot.com.ar/

El Rincón de la Ciencia y la Tecnología. Es un blog que difunde la ciencia y la tecnología y está dedicado a todas las mentes curiosas. Tiene secciones muy interesantes como: aniversarios, frases y actualidad. Está online desde 2011 y no tiene autores o responsables declarados. También está en Facebook y en Twitter.



grupobunge.wordpress.com/

Grupobunge. Filosofía y ciencia. Es un sitio blog dedicado a la filosofía, la ciencia y la epistemología, orientado por seguidores del epistemólogo argentino Mario Bunge. Es un archivo online de artículos y entrevistas publicadas por o sobre Mario Bunge. La idea y la administración están a cargo de Federico Langer, de Córdoba, Argentina.



www.facebook.com/IFeakingLoveScience

I fucking love science. Un grupo de Facebook que no dejará de sorprenderlo semana a semana con sus post de novedades, curiosidades, chistes y reflexiones agudas. También se convierte en una fuente de excelentes imágenes para asombrar y compartir. Fue creado por Elise Andrew, una joven comunicadora a la que el diario virtual Daily Dot llamó "la Neil deGrasse Tyson de Facebook".



observatorio.info/2012/03/la-escala-del-universo-interactiva/

Observatorio: Una imagen diaria del Universo. Un vieja idea plasmada ahora en versión electrónica. Es una creación de Cary y Michael Huang. Un poderoso zoom que recorre todo el universo mostrando los objetos más grandes y los más pequeños. Es una herramienta didáctica útil y de excelente calidad.



sciencuriosities.blogspot.com.es/

Sciencuriosities: Es un blog de noticias y comentarios de ciencia. Trata temas como cuerpo humano, salud, ecología, seres vivos y una miscelánea interesante para todo curioso de la naturaleza. Es creación de un biólogo que se presenta de incógnito como Jay, y está online desde este año.



¿Tiene temperatura el espacio vacío?

Responde la doctora Susana Landau, del Departamento de Física, de Exactas-UBA

La temperatura es una medida de la energía, en forma de calor, de moléculas y átomos concretos, es decir, para medir temperatura debería haber moléculas en movimiento. Por otra parte, los cuerpos emiten radiación (energía) en una determinada longitud de onda, conformando un espectro que es único para cada cuerpo térmico.

Si bien en el espacio vacío no hay moléculas, hay fotones de la radiación de fondo cósmico, que constituyen una reliquia de los primeros tiempos del universo. En efecto, unos 400 mil años después del Big Bang se formaron los primeros átomos de hidrógeno. Antes de eso, los electrones y fotones chocaban entre sí formando una especie de fluido. A medida que la temperatura del universo fue bajando, los electrones formaron átomos de hidrógeno, y los fotones pudieron viajar libres por el universo.

Esos fotones llenan todo el espacio formando lo que se conoce como radiación de fondo cósmico, y su espectro es equivalente al de un cuerpo negro a 2,73 Kelvin. De este modo, se podría decir que la temperatura del espacio vacío es 2,73 Kelvin, que es equivalente a unos 270 grados Celsius bajo cero.



Ahora bien, esa temperatura no se mide directamente. Lo que se mide es la intensidad de radiación en función de la longitud de onda. Esos fotones no emiten luz visible, sino microondas.

La temperatura siempre tiene una fuente. Pero en el caso de los fotones de la radiación de fondo, la fuente son aquellos electrones que se desacoplaron 400 mil años después del Big Bang.

Es importante resaltar que la temperatura es una medida de energía, pero no de cualquier energía, de la energía calórica, el movimiento y la velocidad de las moléculas. Cuando hay radiación también hay energía, pero no es la energía que produce el movimiento de moléculas.

¿Son nobles los gases nobles?

Responde la doctora Sara A. Bilmes, DQIAQF-INQUIMAE, Exactas-UBA

A principios del siglo XX ya se habían identificado los principales gases nobles: helio (sol en griego antiguo), neón (nuevo), argón (inactivo), kriptón (oculto) y xenón (extranjero). Una característica sorprendente era su falta de reactividad, lo que dificultó su reconocimiento. De esa inercia química derivó el nombre de familia: los nobles, que no se mezclan con la "plebe" de la tabla periódica. También fueron la fuente inspiradora de una ley de la naturaleza que mis profesores de química resumían en la regla del octeto: los átomos se unen entre sí para adoptar la configuración electrónica del gas noble más próximo.

En 1916, en un trabajo clave, Gilbert Lewis afirmó la posibilidad de que los electrones pudieran transferirse de las capas internas a la capa externa, anticipando lo que hoy consideramos extensión del octeto para explicar los enlaces en el ácido sulfúrico y otros compuestos. En 1933, Linus Pauling anticipó que los gases nobles más pesados podrían formar compuestos con especies oxidantes como oxígeno o flúor. Tal fue su persistencia que convenció a un colega para que hiciera reaccionar xenón con flúor pero, tras mucho calentar y producir descargas eléctricas, éste sólo consiguió corroer todo lo que tenía a su alrededor.

Años después, Neil Bartlett, en la Universidad de British Columbia, investigaba las propiedades de un gas rojo muy oxidante, hexafluoruro de platino. ¿Un compuesto tan oxidante, podría reaccionar con



Luz emitida por tubos de descarga que contienen gases nobles, que son excitados eléctricamente.

el xenón? Para probar su hipótesis, puso en un recipiente el gas rojo y, en otro, xenón (gas incoloro), separados sólo por un sello de vidrio. Relata que, cuando rompió el sello, en forma inmediata "se produjo un precipitado amarillo-anaranjado". Y agrega: "La reacción se produjo a temperatura ambiente en un abrir y cerrar de ojos".

Así, había violado la creencia en la falta de reactividad de los gases nobles. El experimento se reprodujo en otros laboratorios, se sintetizaron compuestos de xenón y flúor, y la química de gases nobles pasó a tener identidad.

Hoy se conocen cientos de compuestos de xenón y kriptón. Muchos son estables y también los hay inestables, explosivos. Pero hay dos hitos sorprendentes. Uno es un compuesto de oro y xenón (cuatro átomos de oro enlazados a uno de xenón). Otro es el primer compuesto de argón. No se sintetizaron aún compuestos de los gases nobles más livianos, como helio y neón, pero con programas de cálculo se predijo que algunas moléculas de estos gases podrían ser estables.

Los compuestos conocidos y estables de xenón ya encontraron aplicaciones promisorias. El cambio en la mirada de la química que introdujo el resultado de Bartlett nos lleva a reflexionar sobre la validez de las supuestamente inmutables "leyes de la naturaleza" y a analizar en forma crítica los modelos con los que intentamos describirla.

Un arte rico en proteínas

José Sellés-Martínez - pepe@gl.fcen.uba.ar

Según el diccionario, *proteína* es un término derivado del griego que significa “preeminente” o “de primera calidad” y en este caso nos ocuparemos de proteínas preeminentes y de primera calidad, tanto en la Ciencia como en el Arte.

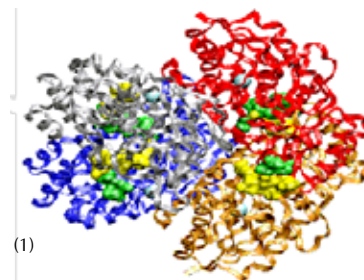
La representación pictórica de alimentos e incluso de su preparación o del acto de ingerirlos es de vieja data. Hay numerosos ejemplos de bodegones y banquetes que jalonan la historia de la pintura, a veces decididamente profanos y otras con un sentido sacro (por ejemplo las muchas formas en que ha sido representada la última cena de Jesús). De los ejemplos no religiosos podemos citar obras como *Los comedores de patatas* de Vincent Van Gogh o, en el otro extremo de la escala social, *Los comedores de ostras* de Jacob Ochtervelt. También podemos citar cuadros como el *Bodegón cubista* de Benjamín Palencia o los numerosos bodegones Luis Meléndez. Finalmente la fotografía *El vendedor de pescados y aves* atribuida a Christiano Junior y *El buey desollado*, de Rembrandt, ejemplifican algunos de los múltiples enfoques en la representación de las sustancias alimenticias, ricas ellas en proteínas.

¿Pero qué son las proteínas? Son biomoléculas, es decir polímeros orgánicos constituidos por aminoácidos que cumplen diversas funciones indispensables para el desarrollo y sostén de la vida. Entre las funciones que desempeñan pueden destacarse aquéllas de sostén (como en el caso del muy famoso *colágeno*), la transducción de señales en el tejido celular, de protección como en el caso de los anticuerpos y también son las encargadas de regular la degradación de otras proteínas y sustancias en el proceso de la digestión. Desde el punto de vista de su composición todas ellas incluyen en sus moléculas los elementos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y, en la mayor parte de ellas, también se hace presente el azufre.

Pero lo que nos interesa de las proteínas son las formas en las que los aminoácidos se unen entre sí y cómo desarrollan formas en el espacio. Estas formas han sido tomadas por los artistas para transformarlas, por un lado en modelos científicos de las proteínas y, por otro, en dibujos, pinturas y esculturas cuyo objeto no es la ilustración científica sino el arte. Es importante señalar aquí que el interés de estas estructuras espaciales no es, sin embargo, solamente estético, ya que las mismas condicionan parte de las propiedades y funciones de cada proteína.

A partir de las estructuras primarias, que pueden plegarse en forma de acordeones o enrollarse en largas hélices, aparecen combinaciones de ambas situaciones o, en las estructuras más complejas, combinaciones de diferentes proteínas en una forma cada vez más “enredada” (por decirlo de algún modo).

De alguna manera, estas obras contemporáneas pueden seguir siendo admiradas como “bodegones” clásicos pero que se aproximan al tema desde una perspectiva químico-molecular y desde una escala de observación (aunque no de reproducción) decididamente microscópica. Tan microscópica que la composición y disposición espacial sólo puede ser representada mediante modelos. Lo que las imágenes científicas de las proteínas nos muestran no es de ningún modo una ampliación de algo que existe en un tamaño muy, muy reducido, sino una recreación –mediante símbolos– de átomos y agrupaciones de átomos que, en su conjunto, definen los aminoácidos que a su vez, una vez unidos entre sí, definen las proteínas. Los ilustradores de artículos y libros de ciencia pueden representar estas moléculas con diferentes niveles de complejidad, como muestran los ejemplos reproducidos en la Figura 1, en la que a, b, c y d son solo diferentes modos de representar lo mismo: la proteína bovina BPTI compuesta por 58 aminoácidos y que actúa como inhibidor de la tripsina pancreática.



(1)



(2)



(3)

1) Representaciones científicas de una molécula proteica.

2) Transformación de la estructura de la proteína en una obra figurativa. Según la fuente (<http://boingboing.net/2012/11/01/protein-art.html>) la proteína provendría de un dromedario.

3) El artista Julian Voss Andrae junto a una de sus más importantes obras, que representa a un anticuerpo y que denominó *Ángel del Oeste*.

Algunos artistas se sorprenden con las formas que estos modelos expresan y las asocian a otras formas similares con significados “macroscópicos” como en el caso de Maggie Koerth-Baker (Figura 2). Otros mantienen la abstracción de la forma para generar esculturas –algunas de gran tamaño, todas de alto precio– que adornan laboratorios de investigación e instalaciones industriales donde se sintetizan proteínas. Entre los autores más destacados de esculturas que representan (es importante insistir en que no amplían sino que representan proteínas) se encuentra Julian Voss-Andrae, a quien puede verse en la Figura 3, junto a una de sus obras y en cuya página de Internet (<http://julianvossandreae.com/>) se pueden contemplar sus obras y leer sus interesantes comentarios respecto a la génesis y significado de las mismas. □

CIENTIFICOS

INDUSTRIA ARGENTINA



El programa de Ciencia sigue en la televisión pública, con nuevos informes, secciones y columnistas

CON ADRIÁN PAENZA

**SÁBADOS
11.30 Hs.**


tv.pública
www.canal7.com.ar



INCUBACEN 10 AÑOS

INCUBANDO EMPRESAS
DE BASE TECNOLÓGICA

200 Proyectos recibidos **90** Proyectos Incubados
50 Nuevos puestos de trabajo calificados
37 Premios & ANR recibidos
12 Patentes puestas en valor **9** Nuevas EBT

<http://incubacen.exactas.uba.ar>



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

EXACTAS UBA